

工作记忆和句法复杂性对汉语判断单句的影响^{*}

陈庆荣^{**1} 邓 铸¹ 蒋 波²

(¹南京师范大学心理系, 南京, 210097)(²江苏技术师范学院教育学院, 常州, 213001)

摘 要 采用自控步速移动窗口技术, 研究了言语工作记忆与句法复杂性对汉语判断单句加工的影响。实验结果表明: 汉语判断单句语义提取和命题表征受句法复杂性和言语工作记忆容量的影响; 加工模式上, 结构相同但句法难度不同的判断单句存在相同的语义焦点; 句子—图片验证过程中, 高容量者受句法难度、语义失配影响较小, 验证时间显著短于低容量者。

关键词: 汉语判断单句 焦点 工作记忆

1 前言

句子, 作为表达信息的基本语言单位, 往往是人类研究语言理解心理过程的着手点。依据不同标准, 研究者将诸多句子划为不同类别。譬如, 根据结构, 可以分为单句和复句; 根据判断形式, 可分为肯定、否定和双重否定句。

认知语言学认为单句由主语、谓语、宾语等构成, 不同成分之间可以没有停顿^[1]。尽管肯定、否定、双重否定句在汉语语法研究中占有重要地位, 但已有研究还不够深入, 譬如焦点等。焦点又称表达重心, 通常蕴涵新的信息, 指说话人基于自己的判断, 认为它相对重要并决定通过语法手段强调的成分^[2]。每个正常的句子都至少有一个焦点, 因此在信息加工时存在焦点确定的问题。汉语肯、否、双重否定句理解过程中是否存在焦点, 出现在什么位置, 以及不同句式焦点加工是否存在特异性?

关于肯定、否定句加工, 国外研究者, 如 Carpenter 等曾采用“句子—图片”任务范式做过一些研究, 提出了句图加工的成分比较模型(constituent comparison model, 简称为 CCM)^[3], 但对双重否定句加工机制的研究相对较少。Wason 等认为否定概念更难于理解, 因此需要较长的加工时间。Carpenter 等^[4]发现语义内容影响眼动行为, 被试会根据句子的内部表征做出注视对象及其不同成分的决定; 句子的最初注视时间受是否为否定句的影响, 对否定句的注视时间较长, 对句中提及方位的注视时间也主要受否定句影响。Underwood 等^[5]研究发现, 句子和图片语义内容不一致会显著增加被试的注视时间和注视频率, 这与 Henderson 以及 Knoeferle 等^[6,7]的研究结果一致。Gordon 等^[8]发

现工作记忆中储存的信息与句子语义内容失配会干扰被试对句法复杂性高的句子的理解。

以汉语为研究对象, 国内研究者对肯定、否定、双重否定句有过一些研究。陈永明等^[9]发现, 在验证时间上, 真肯句(true affirmative, 简称为 TA) < 假肯句(false affirmative, 简称为 FA) < 假否句(false negative, 简称为 FN) < 真否句(true negative, 简称为 TN)。徐火辉^[10]研究发现 5 岁儿童能理解基本的双重否定句, 正确率随年龄增长而增加, 随句法复杂性增加而降低。缪小春等^[11]发现句子意义的理解时间主要取决于句子的表层结构和底层意义之间的关系; 图片的证实时间受句子的底层意义和从图片中得到的命题之间关系的影响。

句子理解涉及信息加工和存储过程。前者包括词汇识别、词义和句法功能获取以及句子意义解释等环节。后者指个体在加工的同时还需要暂时储存加工过程中产生的中间表征, 并为不同层次的加工提供必要的信息。Baddely 等^[12]认为工作记忆为语言理解等认知活动提供了暂时存贮空间和加工所必需的信息。Miyake 等^[13]认为言语工作记忆容量会直接制约个体语言理解中信息的实时加工能力。Gordon 等^[14]发现在一定程度上句法加工依赖言语工作记忆资源的支持。King 等^[15]发现容量差异影响句法信息的及时加工过程, 高、低容量者在阅读理解成绩、总的阅读时间、句子不同语义关节点和复杂性句法区域的信息加工时间存在显著差异。

综上, 国内现有研究还没有在句子构成单元水平上揭示不同句法区域语义信息提取的机制和加工模式; 很少考察言语工作记忆在汉语判断单句理解和验证过程中的作用。鉴于此, 本研究拟采用自控步速移动窗口技术, 使用“句子—图片”任务范式, 试

^{*} 本研究为全国教育科学“十五”规划项目成果(EBA030404), 并得到南京师范大学“E-Prime 实验室”支持。

致谢: 刘昌老师为本实验提供了工作记忆测量程序, 在此深表谢意。

^{**} 通讯作者, 陈庆荣; E-mail: jsqr80@sina.com

图考察句法复杂性和言语工作记忆容量对肯定、否定、双重否定句语义提取、命题表征以及验证过程的影响。

2 方法

2.1 被试

被试为大学生,视力或矫正视力正常,母语为汉语。先根据 Daneman 和 Carpenter 的阅读广度测量方法^[16],测量言语工作记忆容量。根据测量成绩,按照上下一个标准差,选取高容量者 20 人(男、女各半),测分平均为 4.15,低容量者 20 人(男、女各半),测分平均为 2.29。

2.2 实验设计

实验采用 2(言语工作记忆容量)×3(句式)×2(语义一致性)混合实验设计。其中工作记忆容量是组间因素,有高、低两个水平;句式为组内因素,有肯定、否定、双重否定句 3 种类型;语义一致性指图片是否真实地表现了句子的语义内容,是组内因素,分为“匹配”(语义一致)与“失配”(语义不一致)。

2.3 实验仪器

实验用来呈现刺激的电脑是 IBM 系列,采用英特尔 Pentium4 处理器,CPU3.00GHZ,512MB 内存,17 英寸显示器,屏幕刷新频率 85HZ,屏幕分辨率 1024×768 像素。

2.4 实验材料

实验共有 3 种句式:肯定、否定、双重否定句,每种句式有 8 个句子,共 24 个句子,每句字数相等,均 11 个字,呈现在屏幕中央。所有句子都是主谓单句,符合“N1+VP+N2+的+N 方位”格式。每个句子都包含两个抽象对象(如星号、加号等),主要用来陈述两者的空间关系。另构造与正式实验字数和句子结构相同的 12 个句子,供练习使用。在 1024×768 像素屏幕分辨率下,字号 30×30 像素,黑色,宋体,字符间距 6×6 像素;图片中两个对象的大小 75×75 像素,黑色,以屏幕中心为分割点,间隔 26×26 像素。材料样例见表 1。

2.5 实验程序

句式和图片配对构成 6 个 trial,即 TA、FA、TN、FN、TDN(true double negative)、FDN(false double negative),随机呈现,每个句子重复 4 次。不同工作记忆容量被试均完成所有句子测试。研究的因变量主要是句子的理解时间和验证时间。

实验采用 E-Prime 实验编辑系统,用自控步速移动窗口技术按意义单元逐个先后呈现句子,如表 2 所示。实验中,被试首先会看到屏幕上出现 5 条下划线,从左到右依次代表句子中的 5 个意义单元,

表 1 句子和图片配对后实验材料样例		
验证类型	句子	图片
真肯(TA)	星号一定会在加号的上面	*
	加号一定会在星号的下面	+
假肯(FA)	加号一定会在星号的上面	*
	星号一定会在加号的下面	+
真否(TN)	加号一定不在星号的上面	*
	星号一定不在加号的下面	+
假否(FN)	星号一定不在加号的上面	*
	加号一定不在星号的下面	+
真否否(TDN)	加号没有不在星号的下面	*
	星号没有不在加号的上面	+
假否否(FDN)	星号没有不在加号的下面	*
	加号没有不在星号的上面	+

每条下划线和相应意义单元在屏幕上的位置是一一对应的,按 1 次空格键呈现一个意义单元,再按 1 次空格键,前一个消失,第 2 个意义单元出现,依此进行,直到整句呈现完毕,接着白屏 500ms,然后呈现图片,被试做出判断。“F”键代表句图语义一致;“J”键代表两者语义不一致。E-Prime 系统会自动记录各个意义单元的理解时间、句子验证时间和正确率。实验开始前被试认真读指导语,将左手食指放在“F”键上,右手食指放在“J”键上,双手大拇指放在空格键上,告诉被试他们的反应时间将被记录,要求其尽快阅读意义单元,理解句子并做出判断。正式实验开始前有 12 个句子的练习实验让被试熟悉实验任务。

表 2 移动窗口中句子意义单元划分样例				
N ₁	VP	N ₂	的	N _{方位}
星号	一定会在	加号	的	上面

3 结果与分析

错误反应及句子理解时间超过平均数 3 个标准差之外的数据在实验中不纳入统计,约占总数据的 2.15%。在 SPSS 10.0 中对所有数据进行统计处理。

3.1 不同工作记忆容量者阅读理解句子的时间
高、低言语工作记忆容量者阅读理解肯、否、双重否定句的时间及标准差见表 3。

表 3 不同工作记忆容量者阅读 3 种句式的时间(ms)			
	肯定句	否定句	双重否定句
高容量	2638.98(539.23)	3812.32(989.54)	3621.94(763.01)
低容量	3829.03(470.91)	4270.21(501.84)	4612.57(625.60)

MANOVA 方差分析发现,工作记忆容量主效应显著, $F(1, 38)=10.16, p<0.01$ 。高容量者的阅读理解时间显著短于低容量者。句式主效应显著, $F(2, 76)=11.99, p<0.01$ 。肯定句的阅读理解时间显著短于否定、双重否定句, $F1(1, 38)=20.65, p<0.01, F2(1, 38)=10.70, p<0.01$,否定

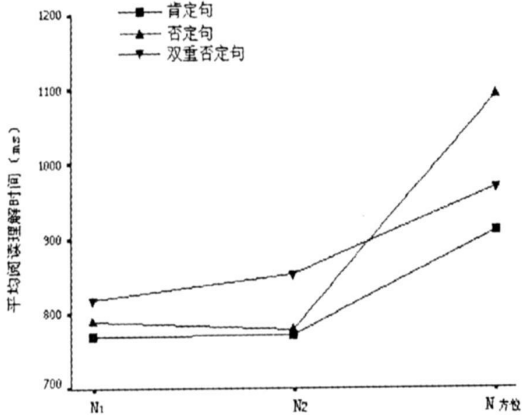
和双重否定句的阅读理解时间没有显著差异, $F(1, 38)=0.27, p<0.05$ 。工作记忆容量和句式的交互作用不显著, $F(2, 76)=1.79, p<0.05$ 。

从构成单元角度出发, 工作记忆容量和句法复杂性可能会影响肯定、否定、双重否定区域的阅读理解时间, 具体见表 4。

表 4 不同工作记忆容量者加工肯、否、双否区域的时间(ms)

	肯定句	否定句	双重否定句
高容量	922.22(164.82)	1192.38(295.13)	1234.97(284.55)
低容量	1062.83(100.88)	1461.30(369.03)	1790.53(458.92)

MANOVA 方差分析发现, 工作记忆容量主效应显著, $F(1, 38)=5.68, p<0.05$, 高容量者阅读不同区域所需时间显著短于低容量者。肯、否、双否区域句法主效应显著, $F(2, 76)=22.94, p<0.01$, 阅读时间长短依次为: 肯定区域< 否定区域< 双重否定区域。工作记忆容量和肯、否、双否区域的交互作用显著, $F(2, 76)=3.73, p<0.05$ 。简单效应检验发现, 肯定、否定区域加工中, 高、低容量者没有显著差异, $F(1, 38)=3.71, p>0.05$, $F(1, 38)=2.27, p>0.05$ 。高、低容量者阅读理解双重否定区域的时间存在显著差异, $F(1, 38)=7.41, p<0.05$, 如图 1。这表明低容量者受句法复杂性影响更大, 阅读理解复杂句法成分时需要更多时间。



在“N1+VP+N2+的+N方位”格式中, 肯、否、双否区域加工存在显著差异。那么其它句子成分的加工情况如何, 是否存在焦点呢? 本研究中, 焦点的判断主要以个体对该成分的加工时间为指标。需要指出的是, 4 种成分中, “的”是虚词, 无实在意义, 所需阅读理解时间很少 ($M=166.54\text{ ms}$), 从语言学和加工心理学角度来看, 它不可能成为句子加工的焦点, 因此不将其纳入数据分析范围。不同工作记忆容量者阅读 3 种句式 N1、N2、N 方位的时间见表 5。

MANOVA 方差分析发现, 工作记忆容量主效应显著, $F(1, 38)=327.15, p<0.01$ 。高容量者阅

表 5 不同工作记忆容量者加工 N1、N2、N 方位的时间(ms)

	N1	N2	N方位
高容量	肯定句	545.81	587.07
		(112.51)	(56.38)
	否定句	563.47	582.92
		(127.01)	(58.89)
	双重否定句	596.28	614.43
		(107.25)	(68.34)
低容量	肯定句	990.86	954.13
		(102.56)	(193.09)
	否定句	1014.62	972.69
		(97.39)	(93.28)
	双重否定句	1040.24	1091.69
		(545.81)	(587.07)

读理解 N1、N2、N 方位所需时间显著短于低容量者。句子类型主效应显著, $F(2, 76)=4.09, p<0.05$; 句子类型和工作记忆容量的交互作用不显著, $F(2, 76)=1.14, p>0.05$ 。句子成分主效应显著, $F(2, 76)=38.83, p<0.01$, 进一步研究发现 N1 与 N2 差异不显著, $F(1, 38)=0.18, p>0.05$, 但与 N 方位均有显著差异, $F(1, 38)=68.91, p<0.01$, $F(1, 38)=38.96, p<0.01$ 。句子成分与工作记忆容量的交互作用显著, $F(2, 76)=3.92, p<0.05$ 。简单效应检验发现, 工作记忆容量在 N1、N2、N 方位上均有显著差异, $F(1, 38)=235.36, p<0.01$, $F(1, 38)=235.36, p<0.01$, $F(1, 38)=51.35, p<0.01$ 。低容量者阅读理解每个成分的时间显著长于高容量者, 而高容量者任务切换能力强, 提取和加工速度快, 对 N1、N2 的阅读时间显著短于低容量者, 表现出明显的抑止优势。句子成分在工作记忆容量的每个水平上均有显著差异, $F(1, 76)=33.43, p<0.01$, $F(2, 76)=9.33, p<0.01$ 。N 方位的阅读理解时间显著长于 N1、N2。句子类型和句子成分的交互作用显著, $F(4, 152)=2.60, p<0.05$ 。简单效应检验发现, 肯定、否定、双重否定句在 N1、N2 上差异不显著, $F(1, 78)=0.43, p>0.05$, $F(2, 78)=2.46, p>0.05$, 在 N 方位上差异显著, $F(2, 78)=6.07, p<0.01$ 。被试加工否定句最后一个成分的时间显著长于肯定和双重否定句。3 者交互作用不显著, $F(4, 152)=1.00, p>0.05$ 。

总之, 被试加工句子的最后一个词时需要更多时间。因此, 可以认为在“N1+VP+N2+的+N方位”格式中, 宾语是整个句子的焦点, 这与语言学研究的结论相一致, 即对于单句来说, 宾语易成为焦点, 也与句尾焦点的看法相契合^[17]。

3.2 不同工作记忆容量者验证句子的时间

不同言语工作记忆容量者验证 TA、FA、TN、FN、TDN、FDN 的时间及标准差见表 6。

MANOVA 方差分析发现, 工作记忆容量主效

表 6 不同工作记忆容量者的验证时间(ms)

	肯定句		否定句		双重否定句	
	真(TA)	假(FA)	真(TN)	假(FN)	真(TDN)	假(FDN)
高容量	800.01	986.07	1138.87	1251.34	804.42	1016.72
	(106.20)	(60.42)	(235.84)	(180.71)	(107.23)	(104.72)
低容量	1157.54	1378.02	2036.09	1539.48	1159.74	1374.26
	(218.01)	(277.67)	(256.20)	(237.73)	(82.12)	(159.94)

应显著, $F(1, 38)=95.33, p<0.01$ 。高容量者的验证时间显著短于低容量者。句式主效应显著, $F(2, 76)=26.03, p<0.01$ 。LSD 多重比较发现, 肯定和双重否定句的验证时间差异不显著, $F(1, 38)=0.04, p>0.05$, 两者和否定句均存在显著差异, $F1(1, 38)=27.37, p<0.01, F2(1, 38)=34.66, p<0.01$ 。3 种句式验证时间快慢依次是: 肯定句< 双重否定句< 否定句。工作记忆和句式的交互作用不显著, $F(2, 76)=2.04, p>0.05$ 。语义一致性主效应显著, $F(1, 38)=10.02, p<0.01$, 句子和图片语义内容不一致显著增加被试的验证时间。3 者交互作用不显著, $F(1, 38)=2.76, p>0.05$ 。

语义一致性和工作记忆容量的交互作用显著, $F(1, 38)=16.27, p<0.01$ 。简单效应检验发现, 高、低容量者在语义内容一致和不一致上存在显著差异, $F1(1, 38)=86.35, p<0.01, F2(1, 38)=64.05, p<0.01$ 。句式和语义一致性的交互作用显著, $F(2, 76)=25.80, p<0.01$ 。简单效应检验发现, 肯定、否定、双重否定句在语义一致性的两个水平上都存在显著差异, $F1(1, 38)=30.80, p<0.01, F2(1, 38)=5.09, p<0.05$ 。

4 讨论

使用自控步速移动窗口技术, 实验发现, 随句法复杂性增加, 3 种判断句式的阅读理解时间依次增加: 肯定句< 否定句< 双重否定句。Clark 等^[18]认为个体以命题形式表征和储存句子语义内容。在句法复杂性上, 肯定句最简单, 与否定、双重否定句的阅读理解时间存在显著差异。否定句在语义上是对肯定句的否定, 而双重否定句需否定两次, 因此加工难度最大, 构建并储存在工作记忆中的命题表征也最复杂, 其形式可以表述成[否定(否定((星号 加号)上面)))]。双重否定句的阅读理解时间长于否定句, 但差异不显著。同时, 句法加工与被试的言语工作记忆容量相关, 高容量者提取和整合语义信息能力强, 能迅速建构关于句子语义的命题表征, 阅读理解时间显著短于低容量者。

在谓语区域, 被试的阅读理解时间差异显著, 肯定区域最短, 其次是否定区域, 双重否定区域需要耗费被试更多的加工时间。句子成分主效应显著,

N1、N2 与 N 方位的阅读理解时间存在显著差异, N1 与 N2 差异不显著。这表明在“N1+VP+N2+的+N 方位”结构的单句中, N 方位, 即宾语成分, 容易成为句子加工的焦点, 且受句法复杂性影响而表现出特异性, 如图 1 所示。

3 种句式中, 被试加工否定句的 N 方位的时间最长, 这可能和句子类型及句法有关。在单句中, 被试最终对双重否定句法区域产生肯定的命题表征, 如“没有不在”=“在”。因此, 在后续加工中, 被试可能用加工肯定句的方式来理解句子的其它成分, 因此只需较短的时间就可以通达整个句子的语义内容, 进而建构命题表征。从这个角度来说, 双重否定和肯定句中 N 方位的加工时间没有显著差异。而在否定句中, 被试加工 N 方位时, 需耗费大量时间来整合句子语义信息, 如否定表述, 进而形成命题表征, 并做出关于句子语义指向的推断。验证任务中, 不同类型句子的验证时间依次是: TA< TDN< FA< FDN< FN< TN。LSD 多重比较发现, TA 和 TDN 之间差异不显著, 两者和 FDN 都存在显著差异, $F1(1, 38)=17.80, p<0.01, F2(1, 38)=38.52, p<0.01$ 。FDN 与 FA、FN 差异不显著, $F1(1, 38)=0.08, p>0.05, F2(1, 38)=5.78, p>0.05$ 。这表明被试验证双重否定句时, 更倾向于将其表征成肯定命题, 然后和图片内容的命题表征进行对比加工, 最后做出语义判断。

言语工作记忆在汉语判断单句加工过程中有重要作用。不同容量者提取和整合句子语义信息的能力存在显著差异, 低容量者无法有效加工不同句子的关键信息, 对非焦点和焦点语义区域的阅读理解时间显著长于高容量者。在肯定、否定、双重否定谓语区域, 随句法复杂性增加, 高、低容量被试所需加工时间都呈上升趋势, 但低容量者显然受到了更大的影响, 认知负荷越大, 加工时间越长。在验证任务中, 句子和图片语义失配对低容量者做出判断有显著影响, 而高容量者能快速提取先前给定句子语义信息的命题表征, 与图片的命题表征进行比较加工, 受语义失配影响较小, 验证时间显著短于低容量者。

5 结论

5.1 汉语判断单句语义提取和命题表征受句法复

杂性和言语工作记忆容量影响。肯定、否定、双重否定句的阅读理解时间依次递增。高容量者受句法复杂性影响较小,任务切换和语义提取能力强,加工肯定、否定、双重否定句及 N1、N2、N 方位所需时间显著少于低容量者。

5.2 加工模式上,句法难度不同但结构相同的判断单句存在相同的语义焦点。在“N1+VP+N2+的+N 方位”格式中,N 方位是句子加工的焦点,阅读理解时间显著长于 N1、N2。

5.3 句子—图片验证过程中,高容量者受句法难度、语义失配影响较小,验证时间显著短于低容量者。

6 参考文献

- 1 张雪涛,唐爱华. 汉语单复句区分问题的理论困惑与解决策略. 语言教学与研究, 2005, 4: 21—30
- 2 徐杰. 普遍语法原则与汉语语法现象. 北京: 北京大学出版社, 2001: 117—124
- 3 Carpenter P A, Just M A. Sentence Comprehension: A Psycholinguistic Processing Model of Verification. *Psychological Review*, 1975, 82(1): 45—73
- 4 Carpenter P A, Just M A. Linguistic influences on pictures scanning. In: Monty RA, Senders JW. (Eds.). *Eye Movements and Psychological Processes*, Hillsdale, N. J. Erlbaum, 1972: 459—472
- 5 Underwood G, Jebbett L, Roberts K. Inspecting picture for information to verify a sentence: Eye movements in general an coding and in focused search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2004, 57A(1): 165—182
- 6 Henderson J M, Weeks P A, Hollingworth A. The effects of semantic consistency on eye movements during complex scene viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1999, 25: 210—228
- 7 Knoeferle P, Crocker M W. Incremental Effects of Mismatch during Picture — Sentence Integration: Evidence from Eye-tracking. *Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2005: 1166—1172
- 8 Gordon P C, Hendrick R, Levine W. Memory — Load Interference In Syntactic Processing. *Psychological Science*, 2002, 13(5): 425—430
- 9 陈永明, 彭瑞祥. 句子理解的实验研究. *心理学报*, 1990, 3: 225—23
- 10 徐火辉. 汉语儿童量化否定句理解的发展. *心理科学通讯*, 1990, 4: 13—18
- 11 缪小春, 桑标. 量词肯定句和否定句的理解. *心理学报*, 1992, 3: 232—237
- 12 Baddely A D, Hitch G J. *The psychology of Learning and Motivation*. New York: Academic Press, 1974, 8: 47—89
- 13 Miyake A, Carpenter P A, Just M A. A capacity approach to syntactic comprehension disorder: Making normal adults perform like aphasic patients. *Cognitive Neuropsychology*, 1994, 11: 671—717
- 14 Just M A, Carpenter P A. A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 1992, 99(11): 122—149
- 15 Gordon P C, Hendrick R, Johnson M. Memory interference during language processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2001, 27: 1411—1423
- 16 Daneman M, Carpenter P A. Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1980, 19: 450—466
- 17 孙汝建. 肯定与肯定焦点. *南京师范大学文学院学报*, 2004, 3: 165—168
- 18 Robert M J, Wood D J, Gilmore D J. The sentence — picture verification task: Methodological and theoretical difficulties. *British Journal of Psychology*, 1994, 85: 413—432

The Effects of Working Memory and Syntactic Complexity on Chinese Sentence Processing

Chen Qingrong¹, Deng Zhu¹, Jiang Bo²

(¹ Department of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing, 210097)

(² School of Education, Jiangsu Teachers' University of Technology, Changzhou, 213001)

Abstract With the moving window technique, the experiment studied the influence of working memory and syntactic complexity in the process of Chinese sentence comprehension. The results showed that syntactic complexity and language working memory capacity affected semantic acquirement and propositional representation. Although different in syntactic complexity, sentences with the same structure also have the same semantic focus. Syntactic complexity and semantic mismatching have some influence on people with high working memory capacity. Generally, they take less time to comprehend and validate sentences.

Key words: Chinese sentence, focus, working memory