

中国二语学习者英语句子加工的心理机制初探：以主动句为例^{*}

常欣¹ 张国礼² 王沛¹

(¹ 上海师范大学教育学院心理学系, 上海 200234) (² 北京师范大学认知科学与学习国家重点实验室, 北京 100875)

摘要 操纵不同违例类型(语义单违例、句法单违例、双违例)及不同的违例词位置(句中、句尾),运用 ERPs 技术初步探讨了中国大学生二语(英语)学习者英语简单句的心理加工过程。结果发现,中间句法单违例诱发了早期左前负波(ELAN),句尾句法单违例引发了正波(P600)。句尾语义单违例诱发的负波(N400)波幅显著大于中间语义单违例,即存在违例关键词的位置效应。较之单违例,语义-句法双违例诱发的 N400 与 P600 波幅变化呈非对称性。语义-句法双违例句诱发的 P600 波幅大于句法单违例句;语义-句法双违例引发的 N400 波幅均小于语义单违例句。这说明句法与语义加工之间存在交互作用,句法加工在很大程度上受到语义加工的影响,句法加工对语义加工的影响较小。

关键词 英语句子加工;句法违例;语义违例;双违例;中国二语学习者

分类号 B842

1 引言

句子加工过程中,不同水平的表征——诸如句法信息、语义/概念信息——会迅速得到整合,这一过程几乎是瞬间完成的,在一定程度上也是无意识的。这种看似简单的对所听所读内容的即刻反应,事实上涉及极度复杂的心理过程。因此,在心理语言学研究领域,句子加工这种涉及各种表征整合的心理机制与时间历程一直是一个重大的理论问题(Gunter, Stowe, & Mulder, 1997)。研究者一直试图说明:在阅读中,句法结构是否、何时、怎样被分配到随后看到的词串,及其与单个词的语义整合之间是否存在交互,这种交互又是何时、如何进行的(Hagoort, 2003)?

显然,不同的信息约束着句子加工的不同方面。比如说,句法规则支配句子构成成分的顺序及其在句子中扮演的语法角色。涉及违反句法规则的句子,我们称之为句法违例句。比如“*The little boy play with the doll*”,“*The white car needs wash*”。同样,语义一致性会限制词汇的选择,比如说,“*John*

battered his bread with socks”,对于这个句子,我们就会考虑一下它是否表达了合理的语义,即存在语义不匹配的情况。这样的句子我们称之为语义违例句。语义违例(比如“*I like my coffee with cream and rocks*”)显然不同于句法违例(如,“*I like my coffee cream and with sugar*”)。多数有关句子加工的心理机制的研究都采用语义违例与句法违例这样的范式。也就是说,在保持句子完整性的基础上,通过诱发句子理解过程中的认知冲突,藉此了解句子加工的心理机制。研究者们普遍认为句子加工主要涉及句法分析与语义分析这两种加工过程,但围绕着二者何时交互、如何交互、交互时以何种加工为主这一关键问题一直存在严重分歧。究其原因,主要在于传统的反应时范式无法检测高速整合的甚至是处于无意识状态下的句子理解过程,即没有充分地揭示真实的、实时的句子加工过程。为此,研究者需要找到一个理想的方法,能够对这一心理过程进行连续测量,对不同层次的分析有不同的敏感指标,而且在测量过程中应无需意识判断(McElree & Griffith, 1995; Boland, 1997; Fodor, 1996)。随着 20 世纪

收稿日期:2008-05-18

^{*} 2008 年上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金(编号:ssd08017)、上海师范大学 2008 年度理科校级一般课题资助项目和上海市市级重点学科(编号:s0304)。

通讯作者:王沛, E-mail: wangpei@shnu.edu.cn

80年代初 Kutas 和 Hillyard 的开创性研究肇始,大量证据证明事件相关电位(Event-Related Brain Potentials,简称 ERPs)对句子加工的许多方面非常敏感(McKinnon & Osterhout, 1996)。与反应时范式相比,ERP 无需添加干扰任务和被试的意识性判断即可提供语言分析过程的皮层活动数据,这就使得我们可以在语言理解的自然状态下对句子理解过程开展研究,同时有望摆脱实验材料的特殊性与实验任务的指向性所造成的数据倾轧,并且可以将句子加工的认知理论与潜在的神经生理活动更加紧密地联系起来。

大量研究发现,句法违例与语义违例会引发截然不同的脑电变化(Osterhout, McLaughlin, & Bersick, 1997)。Kutas 和 Hillyard (1980a, 1980b)发现,语义违例(如,‘*He spread the warm bread with socks*’)引发了在违例词出现后 200ms 时的一个负波,约在 400ms 时达到最高值,分布在顶叶中部(N400)(Kutas, Van Petten, & Besson, 1988; Osterhout & Holcomb, 1995)。随后的一系列研究表明:N400 反映了与单词表征的语义或词汇通达有关的加工过程的神经活动(Kutas, Van Petten, & Besson, 1988; Kutas & Hillyard, 1984),或者说,N400 反映了和整合词汇表征与当前语境相关的加工过程(Holcomb, 1993)。

不同于语义加工,识别句法加工的 ERPs 成分的研究则呈现出多种效应。但是严格说来,这些效应都不同于顶叶中部分布的 N400 效应。相关研究发现了两种重要的 ERP 成分,每一种都与句法加工的不同类型相关联,而且既可以单独又可以同时观察到(Friederici, Hahne, & Mecklinger, 1996)。第一类成分是分布在顶叶中部的正波,其最高峰值开始于违例词出现后大约 500ms,可以持续几百毫秒(至少在某些条件下)(Coulson, King, & Kutas, 1998; Friederici, Hahne, & Mecklinger, 1996; Gunter, Stowe, & Mulder, 1997; Hagoort, Brown, & Groothusen, 1993; McKinnon & Osterhout, 1996; Neville, Nicol; Barss & Forster, 1991; Osterhout & Holcomb, 1992, 1993; Osterhout, Holcomb, & Swinney, 1994; Osterhout, McKinnon, Bersick, & Corey, 1996; Osterhout & Mobley, 1995)。这一正波叫做 P600 效应(Osterhout & Holcomb, 1992)或句法正漂移(SPS)(Hagoort, Brown & Groothusen, 1993),主要由不符合句法规则的单词所引发。英语、荷兰语以及德语中,在涉及短语结构、动词的次范畴化、

动词时态、主谓一致、性数一致、代词-先行词一致、格以及成分的位置变化等许多类型的句法违例中,我们都可以观察到这一效应。同时,P600 也可由在可供选择的句法分派中未选择最优的结构而引发(Osterhout, Holcomb, & Swinney, 1994)。

另一种 ERP 成分则涉及与句法违例相对应的一个或更多的负波效应,它们在潜伏期上存在差异,但是通常在 500ms 以内的时间窗中可以观察得到。这些负成分在左半球的前额部达到最大。具体来说,早期负波(ELAN)通常在左前额达到最大值,主要与短语结构和单词归类的违例有关(Holcomb & Neville, 1991)。许多研究还观察到与词素句法违例相关的左前额负波(LAN)(Coulson, King, & Kutas, 1998; Friederici, Hahne, & Mecklinger, 1996; Gunter et al., 1997; Münte, Heinze, & Mangun, 1993; Neville et al., 1991; Osterhout & Holcomb, 1992; Rösler, Pütz, Friederici, & Hahne, 1993)。此外,有些研究发现,句法违例在引发负波(ELAN/LAN)的同时,通常还会伴随出现一个主要分布在顶叶中部的 P600 (Friederici et al., 1996; Coulson et al., 1998; Gunter et al., 1997)。但是,这些结论仍然处于争论当中。

在检测句子加工的两个不同加工过程中,研究者开始采用双违例范式,意在更好地了解语义与句法加工之间的关系及其时间历程。然而,其结果依然是各持一端。一些研究者指出,语义加工与句法加工是相互分离的(Coles, Gratton, & Fabiani, 1990; Osterhout L., 1994; Osterhout & McKinnon, 1996)。而另外一些研究者却坚持认为,语义加工与句法加工是交互的(Friederici, 2002; Maria et al., 2005; Kuperberg, Sitnikova, Caplan, & Holcomb, 2006)。这些研究者采用 ERP 技术来验证他们各自的观点,其理论基础源自线性叠加技术:当由违例词引发的 ERP 成分可以叠加时,语义加工与句法加工则是分离或独立的;否则的话,它们之间便是交互的关系。

与此同时,越来越多的研究者逐渐意识到违例词位置的重要性。Ni 等人(1998)的研究表明,对违例词处于中间位置的句子进行研究至关重要。另一方面,当涉及词性时,过去大多数研究者只关注名词形式的违例,自 20 世纪 90 年代以来,研究越来越注重动词形式的违例,这也是源于句子加工领域中研究者对动词角色重要性的认识。

同时,目前大多数相关研究主要是以英语及其

它印欧语系(比如,荷兰语、德语、西班牙语等)为母语或是以英语为二语的印欧语系为母语的被试作为研究素材和对象。那么,对那些以不同于印欧语言特征的语言为母语、以英语为二语的英语学习者而言,其在句子加工过程中会出现相似的 ERP 成分吗?通过文献检索,我们发现,关于以汉语为母语、英语为二语的英语学习者的句子理解过程的研究还比较少。就二语学习或习得而言,研究者应当了解二语与母语之间的差异,因为有研究发现,阅读者在母语习得过程中形成的句法信息会迁移到其对二语的理解,也就是说,母语加工和理解的模式可能影响着二语的理解。一般而言,汉语是“外显的”,这在于它强调意义的一致性,也就说,句子是根据词或句子的逻辑关系而构成的,注重“意合”(parataxis)。句子分析的过程是从“意义”到“结构”。相反,英语语言是“含蓄的”,注重语言的形式,也就是“形合”(hypotaxis)(潘文国,2004)。据此,汉语是一种没有形态学意义上的变化的表意文字,而英语则具有丰富的形态变化,最好的例子莫过于英语动词的屈折形式(除性数一致之外)。那么这种区别是否会导致以汉语为母语的英语学习者英语句子加工的心理机制具有独特性呢?为此,除了对不同的违例类型与违例位置(即:句尾与句中违例)之间进行对比,本研究还试图为二语习得提供新的、有益的证据。

2 方法

本实验包括两个自变量(违例类型,违例位置)。具体地,第一个自变量包括三个水平:语义违例、句法违例与双违例。第二个自变量有两个水平:句尾违例与句中违例。同时,作为控制刺激,相应的正确句也进行了呈现。

2.1 被试

采取完全自愿的原则,随机招募了 20 名有偿被试(10 男 10 女),均来自中国农业大学的在校大学生,身体健康,右利手,视力正常或矫正视力正常,年龄 18~23 岁,平均年龄 20.9 岁。按照实验时间付给相应报酬。所有被试均通过大学英语四级考试。进行测验时,要求被试认真完成主试的要求,尽量避免一切与实验无关的任何动作。

2.2 实验材料

所有材料均为主动语态的简单句,句长为 5~8 个词。

表 1 实验材料示例

句中	句尾
1a) 正确句	2a) 正确句
The little boy <u>plays</u> with the doll.	The article is too hard to <u>understand</u> .
1b) 句法违例句	2b) 句法违例句
The little boy <u>play</u> with the doll.	The article is too hard to <u>understanding</u> .
1c) 语义违例句	2c) 语义违例句
The little boy <u>feels</u> with the doll.	The article is too hard to <u>wash</u> .
1d) 双违例句	2d) 双违例句
The little boy feel with the doll.	The article is too hard to <u>washing</u> .

2.3 程序

实验过程:要求被试坐在距离电脑屏幕 70cm 处,在实验过程中尽量少眨眼,禁止头部及全身的其他运动。整个实验过程通过 E-Prime 程序来实现,刺激的呈现形式为白色背景上的黑色字体的英语句子。

首先让被试进行练习,使其熟悉实验任务及具体实验程序。指导语为:在本实验中,您将在注视点“+”消失后看到由两部分单词或三部分单词构成的一个英语句子,每部分单词之间将连续呈现。您的任务是判断该英语句子在句法或语义上是否正确,并迅速作出反应。如果正确请按“Y”键,错误请按“N”键。若在 2000ms 内未作出反应就按错误处理。请您注意注视点“+”。如果明白了实验任务,请按空格键开始练习。然后让被试练习 40 次,练习结束后,进入正式实验。实验共包括 4 个部分,每个部分包括 2 个 Block,每个 Block 包括 60 个 Trial,共 120 个 Trial,每个 Block 结束后让被试进行短暂休息。各部分的实验程序基本相同,每一部分结束后会有短暂的休息。

第一部分,英语句子中间句法冲突的 ERP 检测。要求被试注意电脑屏幕,在屏幕中央会出现注视点“+”500ms,注视点消失后迅速呈现前一部分单词 2000ms。这部分单词消失后呈现后一部分单词 3000ms,要求被试作出英语句子是否正确的判断并迅速作出反应,如果正确请按“Y”键,错误请按“N”键,在 3000 ms 内未作出反应就按错误处理。刺激间隔(ISI)为 500ms,然后出现下一个 Trial。在整个实验过程中,英语句子的呈现都是伪随机化的。

第二部分,英语句子末尾句法冲突的 ERP 检测。将第一部分的前一部分单词的呈现时间改为 3000ms,后一部分单词的呈现时间改为 2000ms,其余与第一部分的程序完全相同。

第三部分,英语句子中间语义冲突的 ERP 检

测,实验程序与第一部分完全相同。

第四部分,英语句子末尾语义冲突的 ERP 检测,实验程序与第二部分完全相同。

本实验采用美国 NeuroScan 公司生产的 64 导 ERP 工作站。采用国际标准 10-20 系统电极放置法安装电极,利用 Ag/AgCl 电极帽记录被试进行反应时的 EEG。参考电极置于双侧乳突连线,前额接地,同时记录水平眼电和垂直眼电。滤波带通为 0.01~40Hz,采样频率为 500 Hz/导,头皮电阻小于 5kΩ。分析时程(epoch)为刺激呈现后的 1000ms,基线为刺激前 200ms,自动矫正眨眼等伪迹,波幅大于 ±80μV 者在叠加中被自动剔除。

2.3 EEG 记录

根据以往相关研究中报告的 ERP 成分涉及 ELAN, N400, P600 等,对 ERPs 数据的分析主要集中在以下三个时窗的平均波幅:150~300,300~500 与 500~800ms。

根据 ERP 平均波形图与以往经验,研究选取了 F5、F3、F1、FZ、F2、F4、F6、FC5、FC3、FC1、FCZ、FC2、FC4、FC6 为头皮前部,C5、C3、C1、CZ、C2、C4、C6、CP5、CP3、CP1、CPZ、CP2、CP4、CP6 为头皮中部,P5、P3、P1、PZ、P2、P4、P6、PO5、PO3、POZ、PO4、PO6、O1、OZ、O2 为头皮后部。

3 结果

3.2.1 句中语义违例 我们选择了 FC1、FCZ 进行分析。根据正确句与违例条件下的 ERP 平均波形图(图 1)可以看出,在语义中间违例条件下,在头皮前额、顶叶中部出现了负波,其峰值在 400ms 左右达到最大,潜伏期为 500ms 左右,可以称为 N400。这与以前的一些研究发现一致(Kutas, 1980; Neville & Schmidt, 1985; Osterhout & Holcomb, 1992)。N400 只有在违例条件下达到了负值,而在正确句条件下几乎没有达到负值。

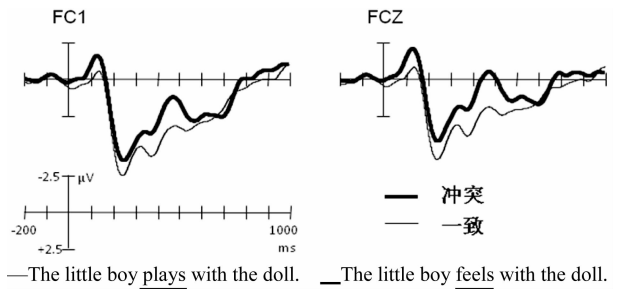


图 1 句中语义违例与正确句的对比及句中语义违例条件下的 ERP 地形图

3.2.2 句尾语义冲突 我们选择了 FZ、CZ 进行了分析。根据主动句语义末尾一致与冲突条件下的 ERP 平均波形图可以看出,在语义末尾违例条件下,头皮前额、顶叶中部出现了明显的 N400(图 2),潜伏期为 500ms 左右。配对样本 *t* 检验显示,语义违例引发的 N400 显著大于正确句条件下的 N400, $t(19) = 5.111, p < 0.001$ 。

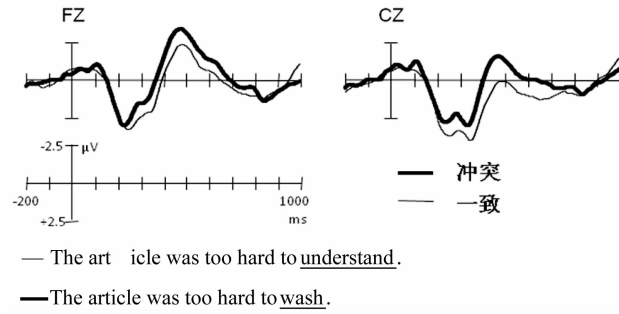


图 2 句中语义违例与正确句的对比及句尾语义违例条件下的 ERP 地形图

3.2.3 中间和末尾语义违例的对比 我们选取 FZ、CZ 加以分析。对句中语义违例和句尾语义违例两种条件下的 ERP 平均波形进行比较,根据句中语义违例和句尾语义违例检测 ERP 指标和相应的头皮部位。

由图 3 可以看出,句中语义违例和句尾语义违例相比较而言,在头皮前额和中央部都出现 N400。对 300~500ms 的平均波幅进行的方差分析表明,句尾语义违例引发的 N400 显著大于句中语义违例的情况下出现引发的 N400 波幅, $F(1,114) = 6.324, p = 0.013$ 。同时,数据分析表明违例类型与头皮分布的主效应显著, $F(2,114) = 7.213, p = 0.001$ 。关于头皮分布的事后多重比较表明,前部与顶叶中部的 N400 显著大于头皮后部(分别 $p < 0.001, p = 0.008, p < 0.05$)。

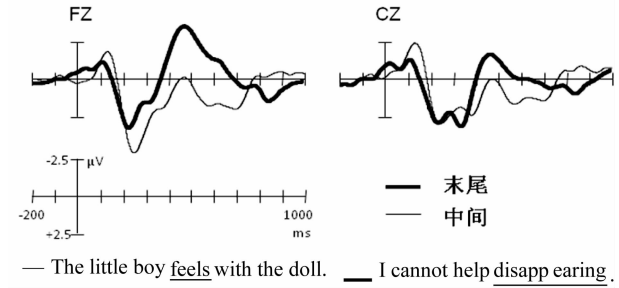


图 3 句中语义违例与句尾语义违例的对比

3.2.4 句中句法违例的 ERP 分析 我们选择了 F3、FC1 进行分析,具体结果见图 4。正确句与句法

违例条件下的 ERP 平均波形图可以看出,在句中句法违例条件下,在大脑头皮左前额出现了早期负波 N1,即 ELAN,潜伏期为 150ms 左右。同时,在 600ms 左右也出现了正波,但两者之间的差异不显著。

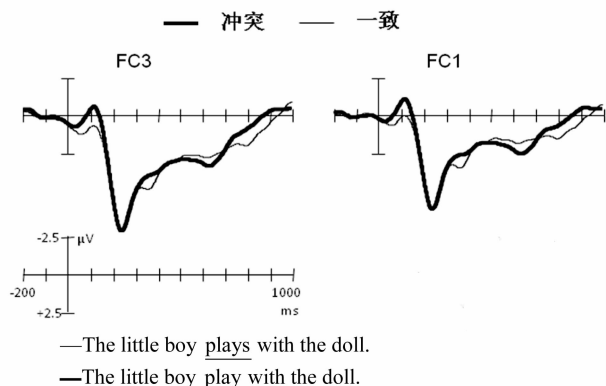


图4 正确句与句中句法违例的对比

3.2.5 句尾句法违例的 ERP 分析 我们选择 FZ、FCZ 进行分析,具体结果见图 5。根据正确句与句尾句法违例条件下的 ERP 平均波形图可以看出,在句尾句法条件下,在头皮前额部出现了晚正成分 P600,潜伏期为 500 ~ 900ms 左右, $t(19) = -5.267, p < 0.001$ 。这一结果与 Hagoort 等人 (1993) 以及 Osterhout 和 Mobley (1995) 一致。同时,我们还观察到了与 P300 相似的成分,且达到显著, $t(19) = -11.487, p < 0.001$ 。此外,我们在正确句上观察到了类似 ELAN 的负波,句法违例句则否。这进一步说明被试存在基于对句式的熟悉而自动化地初步建构句子的心理过程;而当存在句法违例时,因句子的完整性遭到了破坏,因而对这种自动化过程产生了抑制。

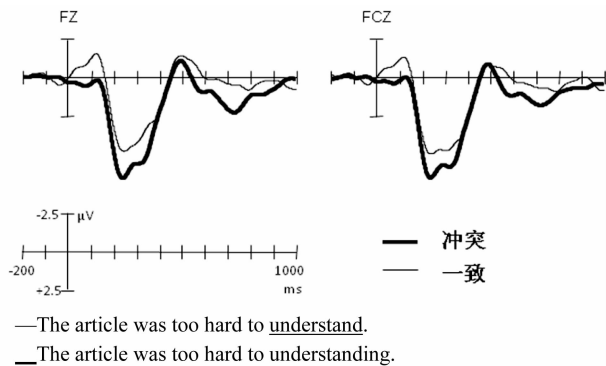


图5 正确句与句尾句法违例的对比及句尾句法违例的地形图

3.2.6 句尾与句中句法违例的 ERP 成分比较 对句中句法中间冲突和句法末尾冲突两种条件下的 ERP

平均波形进行比较,根据句法中间冲突和末尾冲突检测到 ERP 指标和相应的头皮部位,选取 F1、FZ、FC1 和 C1 四个点作以分析(图 6)。对两种违例条件引发的 P600 的平均波幅进行的配对样本检验表明,两者之间不存在显著差异, $t(19) = -0.459, p = 0.652$ 。在句中句法违例条件下,可以观察到 ELAN,而在句尾句法违例条件下,可以观察到类似 N400 的成分。此外,两种违例条件下均可观察到类似 P300 的成分。

由图 6 可以看出句法中间冲突条件下,在 F1、FC1 和 C1 出现了负波 ELAN;而在句法末尾冲突条件下,在头皮前额部出现了 P600,如 FZ 点。

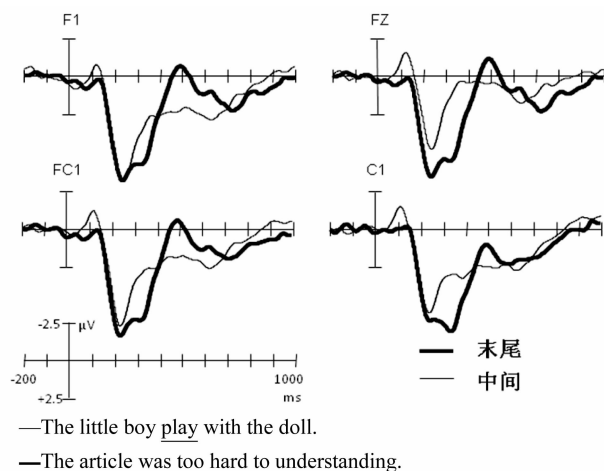


图6 句中与句尾句法违例的对比

3.2.6.1 ELAN 成分

由于 ELAN 是一个早期成分,其潜伏期短,波峰明显,所以采用最大波峰法进行测量。对头皮分布(左前额部、右前额部与顶叶中部)和潜伏期作了进一步的分析。分别计算出了由句中与句尾句法违例引发的、分布在左前额部、右前额部与顶叶中部的 ELAN 的平均波幅。

对左前额部、右前额部与顶叶中部的 ELAN 的平均波幅进行的方差分析显示,不同头皮部位的 ELAN 平均波幅达到显著差异, $F(2, 57) = 3.610, p = 0.033$,事后多重比较表明,左前额部的 ELAN 波幅显著大于右前额部与顶叶中部的 ELAN 波幅 ($p = 0.033; p = 0.017$)。句中句法违例条件下的 ERP 负波(ELAN)主要分布在左前额部,而句尾句法违例引发的正波(P600)则分布在顶叶中部。

3.2.6.2 P600 成分

P600 是一个晚正成分,没有明显波峰的慢波,因而研究大都采用平均波幅的方法来进行测量。方

差分析表明 P600 在头皮分布上不存在显著差异, $F(2, 57) = 2.888, p = 0.064$ 。

3.2.7 双违例句的 ERP 分析 我们选择了 F1、FZ、C1 和 CZ 进行分析, 具体结果见图 7。根据主动句句法歧义和语义歧义条件下的 ERP 平均波形图可以看出, 在句法歧义条件下, 在大脑头皮前额和中央部出现了晚正成分 P600, 潜伏期为 600ms 左右; 在语义歧义条件下, 大脑头皮前额和中央部出现了 N400, 潜伏期为 500ms 左右。

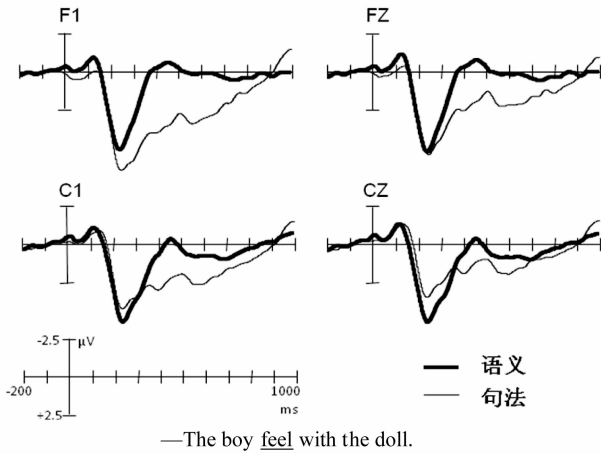


图7 正确句与双违例句的对比

3.2.8 单违例与双违例的 ERP 比较

3.2.8.1 N400

对分布在前额和顶叶部的 N400 平均波幅进行的包括违例类型与头皮分布(前额-顶叶)重复测量单因素方差分析表明, 违例类型的主效应显著, $F(1, 76) = 53.727, p < 0.001$ 。对两种违例类型平均波幅的事后多重比较显示语义违例(单违例)引发的 N400 波幅显著大于双违例引发的 N400。

3.2.8.2 P600

两因素方差分析显示违例类型与头皮分布的主效应均显著, 分别为: $F(1, 114) = 10.903, p = 0.001, F(2, 114) = 12.866, p < 0.001$ 。在双违例句中, 事后多重检验表明, 由双违例引发的 P600 显著大于由单违例引发的 P600。双违例句条件下的 P600 显著地分布在前额与顶叶中部, 而非头皮后部 ($p < 0.001; p < 0.001$)。

4 讨论

总体而言, 本研究结果表明: 对应于语义违例、句法违例与双违例, 其 ERP 成分分别具有不同的特点。语义违例引发了明显的负波, 其峰值在 400ms 左右达到最大, 这与 Kutas 和 Hillyard (1980a,

1980b, 1983, 1984) 关于 N400 的研究结果一致。句法违例则引发了早期负波 ELAN 与大约始于 600ms 的正波 P600。双违例句, 即语义与句法均有歧义的句子, 引发了 N400 与 P600。这一发现不同于 Hagoort 等人 (1993) 的研究结果, 他们的研究没有发现预期的次范畴化引发的 P600。对此, 他们认为这是因为句中同时出现的主题角色违例引发的 N400 将其抵消掉了。同样, 在 Friederici 等人 (1999) 的研究中, 语义违例引发了 N400, 但在双违例句中却未发现 N400。然而, Kim 等人 (1998) 认为, N400 并不必然与 P600 相互抵消, 这与本研究发现一致。在本研究的实验条件下, 研究结果支持语言加工者将双违例自然地剥离为句法违例和语义违例来加以处理这样的观点 (Kim et al., 1998), 进而说明 N400 与 P600 反映了性质上完全不同的、在很大程度上独立的认知过程, 这与语义和句法加工相分离的主张 (Osterhout & Hagoort, 1999; Kim et al., 1998; Hagoort, 2003) 相一致。

语义违例引发显著的 N400。句尾语义违例条件下的 N400 显著大于句中语义违例条件下的 N400。根据 Hagoort (2003) 的观点, 这可能是基于这一事实: 通常而言, 语义约束的强度会随着句子的逐步推进而增加。因而, 较之句子中的其他违例位置, 这些约束的违例对句尾具有较强的影响。

就句法加工而言, 句尾句法违例条件下, P600 与类似 N400 的成分均可观测到。类似 N400 的 ERP 成分通常被看作是句子中某处出现认知加工问题的结果 (Hagoort et al., 1993; Osterhout & Holcomb, 1992, 1993; Osterhout & Nicole, 1999)。该成分也可能与整合句子信息、形成一致的内容时遇到较早违例的结果有关系 (Hagoort, 1998)。再者, 句尾违例词通常是与句子约束、决策与反映需求相关的整体加工因素的强有力的吸引物 (Friederici et al., 1995; Mitchell & Green, 1978)。因此, 可以看出, 违例位置对句法加工与不同的加工模式具有极大的影响。与此相反, 句中句法违例条件下, 仅有 ELAN 可以明显看到, 这也许是源于形态句法违例 (Penke et al., 1997)。ELAN 的头皮分布呈蔓延分布, 但在左前额达到显著, 这与以往研究结果一致 (Neville et al., 1991; Rösler et al., 1993)。一些研究主张, ELAN 相对比较复杂, 因为它涉及语义与句法的初步整合。换句话说, 句法与语义在句子加工的一开始就是并行的、交互的。句中句法违例引发显著的 ELAN, 这表明句法加工受到语义加工的很

大影响。而语义加工结束之后,句法加工不受语义加工的影响,因而 P600 就可以被观察到,这一结果不同于以往的研究。对此可能的解释有两种观点:一种观点认为,以英语为二语的中国学习者在句子理解中是语义驱动的,而非句法第一或是自动化的句法驱动。另一观点认为,ELAN 或 LAN 与工作记忆有关(King & Kutas, 1995; Kluender & Kutas, 1993)。因而,关于 ELAN 的性质,我们仍需要进一步的探索。总之,本实验初步表明,句法加工涉及两个阶段:第一个阶段是基于语义加工的自动的、模糊的句法加工;第二个阶段则是显著的句法构建。这支持了句法优先说所主张的关于句子理解的初期阶段的观点。

单违例引发的 N400 显著大于双违例引发的 N400,这与以往的研究结果一致,即:语义加工受句法加工的影响。但涉及双违例句的 ERP 效应与单违例句(单纯的语义违例与单纯的句法违例)的 ERP 成分比较时,数据分析显示,较之单违例句,双违例句引发的 N400 波幅减小,但 P600 波幅有所增加,这表明语义与句法加工之间存在交互作用。当语义信息出现不一致时,句法加工的程度增大。同时,这些结果表明语义与句法加工之间是一种动态的相互影响,而且呈现不对称性,句法加工在很大程度上受语义加工的影响。这一结果在某些方面不同于 Hagoort (2003) 的研究发现,即句法分析不受语义整合的影响。此外,双违例句与单纯的句法违例句引发的 P600 的头皮分布也有所不同。在单纯的句法违例句条件下,P600 在前额、顶叶中部与头皮后部的分布没有显著差异;而在双违例句条件下,P600 显著地分布在前额与顶叶中部。这说明双违例句条件下的句法加工效应更为明显。但是,由于双违例句条件下句法违例处于句中位置,因此我们不能推论句法加工对语义加工具有决定性影响。

综上所述,对以英语为二语的中国学习者而言,在简单的英语句子理解中,他们是语义驱动的。也就是说,他们理解英语句子时仍然采用母语语言理解的模式,表现出语义加工优先,句法加工次之。这些结果进一步表明母语会从常识与思维模式的角度影响我们的英语学习。当然,鉴于实验条件的局限性,本研究的发现还有待在以后的研究中进一步加以验证。

5 结论

(1) 中间句法单违例诱发了早期左前负波

(ELAN), 句尾句法单违例引发了正波(P600)。句尾语义单违例诱发的负波(N400)波幅显著大于中间语义单违例。即存在违例关键词的位置效应。

(2) 语义-句法双违例句引发了 N400 和 P600。较之单违例,语义-句法双违例诱发的 N400 与 P600 波幅变化呈非对称性。语义-句法双违例句诱发的 P600 波幅大于句法单违例句;语义-句法双违例引发的 N400 波幅均小于语义单违例句。这说明句法与语义加工之间存在交互作用。

致谢:感谢北京师范大学认知科学与学习国家重点实验室主任罗跃嘉教授的指导及审稿专家的宝贵意见!

参 考 文 献

- Abdullaev, Y. G., & Posner, M. I. (1997). Time course of activating brain areas in generating verbal associations. *Psychological Science*, 8 (1), 56-59.
- Kim, A., Shulman, H. G., & Boland, J. E. (1998). Dissociating brain responses to syntactic and semantic anomalies, evidence from event-related potentials. *Journal of Memory and Language*, 38 (1), 112-130.
- Angrilli, A., Penolazzi, B., Vespignani, F., De Vincenzi, M., Job, R., Ciccarelli, L., Palomba, D., & Stegagno, L. (2002). Cortical brain responses to semantic incongruity and syntactic violation in Italian language, an event-related potential study. *Neuroscience Letters*, 322 (1), 5-8.
- Allen, M., Badecker, W., & Osterhout, L. (2003). Morphological analysis during sentence processing. *Language and Cognitive Processes*, 18 (4), 405-430.
- Boland, J. E. (1997). The relationship between syntactic and semantic processes in sentence comprehension. *Language and Cognitive Processes*, 12 (4), 423-484.
- Bressler, S. L. (2002). Event-Related Potentials, The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. In, M. A. Arbib (Eds.). Cambridge, MIT Press.
- Carreiras, M., & Clifton, J. (2004). The on-line study of sentence comprehension, Eyetracking, ERP, and beyond. New York, Psychology Press.
- Chiarello, C., & Richards, L. (1992). Another look at categorical priming in the cerebral hemispheres. *Neuropsychological*, 30 (10), 381-392.
- Chomsky, N. (1986). Knowledge of language, Its nature, origin, and use. New York, Praeger Publishers.
- Coles, M. G., Gratton, G., & Fabiani, M. (1990). Event-related brain potentials. In J. T. Cacioppo & L. G. Tassinary (Eds.), Principles of psychophysiology, Physical, social, and inferential elements. Cambridge, Cambridge University Press.
- Cook, V. (1996). Second language learning and language teaching.

- Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press.
- Coulson, S. , King, J. W. , & Kutas, M. (1998). ERPs and domain specificity, beating a straw horse. *Language and Cognitive Processes*, 13 (6) , 653 – 672
- Coulson, S. , King, J. W. , & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: event-related brain response to morphosyntactic anomalies. *Language and Cognitive Processes*, 13 (1) , 21 – 58.
- Curran, T. , Tucker, Don M. , Kutas, M. , & Posner, M. I. (1993). Topography of the N400, brain activity reflecting semantic expectancy. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 88 (3) , 188 – 209.
- De Vincenzi, M. , Job, R. , Di Matteo, R. , Angrilli, A. , Penolazzi, B. , Ciccarelli, L. , & Vespignani, F. (2003). Differences in the perception and time course of syntactic and semantic violations. *Brain and Language*(2) , 85 , 280 – 296.
- Demestre, J. , Meltzer, S. , García-Albea, José E. , & Vigil, A. (1999). Identifying the null subject, evidence from event-related brain potentials. *Journal of Psycholinguistic Research*, 28 (3) , 293 – 312
- Fodor, J. D. (1983). *Modularity of Mind, An Essay in Faculty Psychology*. Cambridge, MA: MIT Press
- Fodor, J. D. , Ni, W. , Crain, S. , & Shankweiler, D. (1996). Tasks and timing in the perception of linguistic anomaly. *Journal of Psycholinguistic Research*, 25 (1) , 25 – 57.
- Frazier, L. (1987). Sentence processing. In Coltheart, M (Eds) , *Attention and performance* (pp. 559 – 586). Hillsdale, Erlbaum.
- Frazier, L. , & Fodor, J. D. (1978). The sausage machine, A new two-stage parsing model. *Cognition*, 6 (4) , 291 – 325
- Friederici, A. D. (2000). The developmental cognitive neuroscience of language: a new research domain. *Brain and Language*, 71 (1) , 65 – 68.
- Friederici, A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing, A model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language*, 50 (3) , 259 – 281.
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Science*, 6 (2) , 78 – 84
- Friederici, A. D. , Hahne, A. , Mecklinger, A. (1996). Temporal structure of syntactic processing, early and late event related potential effects. *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory, and Cognition*, 22(5) , 1219 – 1248.
- Friederici, A. D. , Pfeifer, E. , Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing, Effects of semantic, morphological and syntactic anomalies. *Cognitive Brain Research*, 1 (3) , 183 – 192.
- Gui, S. C. (2000). *Psycholinguistics* (in Chinese). Shanghai, Shanghai Foreign Language Education Press
- [桂世春, 2000, 新编心理语言学, 上海外语教育出版社.]
- Gunter, T. C. , Stowe, L. A. , & Mulder, G. (1997) . When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, 34 (6) , 660 – 676.
- Hagoort, P. (2003). Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension, ERP Effects of combining, syntactic and semantic violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15 (6) , 883 – 899
- Hagoort, P. , Brown, C. , & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an ERP-measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, 8 (4) , 439 – 483.
- Hayashi, M. , Kayamoto, Y. , Tanaka, H. , & Yamada, J. (1998). Semantic activation by Japanese kanji, evidence from event-related potentials. *Perceptual and Motor Skills*, 86 (2) , 375 – 382.
- Hinojosa, J. A. , Mart n-Loeches, M. , & Rubia, F. J. (2001). Event-related potentials and semantics, An overview and an integrative proposal. *Brain and Language*, 78 (1) , 128 – 139
- Holcomb, P. J. , & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decisions, A comparison using event-related potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5 (4) , 281 – 312.
- Jeanette, A. , & Katherine, M. (1997). Conceptual and lexical development in second language acquisition. *Journal of Memory and Language*, 36 (4) , 550 – 568.
- Jiang, X. (1996). *The role of syntax and semantics in Chinese simple sentence* (in Chinese). Unpublished doctoral dissertation. Beijing, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences.
- [江新. (1996). 句法和语义在汉语简单句理解中的作用. 博士学位论文. 中国科学院心理研究所.]
- Jing, S. J. (2001). Constraint-satification model: new development of syntactic anomaly-resolution. *Psychological Science (China)* , 24 (4) , 354 – 358.
- [井世洁. (2001). 句法违例解决研究的新进展——违例解决的限制—满足模型. 心理科学, 24 (4) , 354 – 358.]
- Kasai, K. , Nakagome, K. , Itoh, K. , Koshida, I. , Hata, A. , Iwanami, A. , Fukuda, M. , Hiramatsu, K. -I. , & Kato, N. (1999). Multiple generators in the auditory automatic change discrimination process in humans. *NeuroReport*, 10 (11) , 2267 – 2271.
- Kim, A. , & Osterhout, L. (2005). The independence of combinatory semantic processing, Evidence from event-related potentials, *Journal of Memory and Language*, 52 (2) , 205 – 225
- King, J. W. , & Kutas, M. (1995). Who did what and when? Using word- and clause-level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7 (3) , 376 – 395.
- Kluender, R. , & Kutas, M. (1993). Bridging the gap, evidence from ERPs on the processing of unbounded dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5 (2) , 196 – 214.
- Kolk, H. H. J. , Chwilla, D. J. , van Herten, M. , & Oor, P. J. W. (2003). Structure and limited capacity in verbal working memory, a study with event-related potentials. *Brain and Language*, 85 (1) , 1 – 36.
- Koyama, S. , Nageishi, Y. , Shimokochi, M. , & Hokama, H. (1991). The N400 component of event-related potentials in schizophrenic patients, a preliminary study. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78 (2) , 124 – 132.
- Kuperberg, G. R. , Sitnikova, T. , Caplan, D. , & Holcomb, P. J.

- (2003). Electrophysiological distinctions in processing conceptual relationships within simple sentences. *Cognitive Brain Research*, 17 (1), 117 – 129.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980a). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11 (2), 99 – 116.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980b). Reading between the lines, event-related brain potentials during natural sentence processing. *Brain and Language*, 11 (2), 354 – 373.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1982). The lateral distribution of event-related potentials during sentence processing. *Neuropsychologia*, 20 (5), 579 – 590.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory and Cognition*, 11 (5), 539 – 550.
- Kutas, M., Van Petten, C., & Besson, M. (1988). Event-related potential asymmetries during the reading the sentences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 69 (3), 218 – 223.
- Liu, Y. N., & Shu H. (2003). ERP and language. *Advances In Psychological Science*, 11 (3), 296 – 302.
- [刘燕妮, 舒华. (2003). ERP 与语言研究. *心理科学进展*, 11 (3), 296 – 302.]
- Maria P., Sakari L., Markus J., Kreetta K., & Petri P. (2005). Event-related potentials suggest early interaction between syntax and semantics during on-line sentence comprehension, *Neuroscience Letters*, 384 (3), 222 – 227
- Marta, H., & Steven A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307 (5947), 161 – 163
- McCallum, W. C., Farmer, S. F., Pocock, P. V., & McCallum, W. C. (1984). The effects of physical and semantic incongruities on auditory event-related potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 59 (6), 477 – 488.
- McClelland, J. L., John, M., & Taraban, R. (1989). Sentence comprehension, a parallel distributed processing approach. *Language and Cognitive Processes*, 4 (34), 287 – 335.
- McElree, B., & Griffith, T. (1995). Syntactic and thematic processing in sentence comprehension, Evidence for a temporal dissociation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 21 (1), 134 – 157.
- McKinnon, R., & Osterhout, L. (1996). Constraints on movement phenomena in sentence processing, Evidence from event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 11 (5), 495 – 523.
- McLaughlin, J., Osterhout, L., & Kim, A. (2004). Neural correlates of second language word learning, minimal instruction produces rapid change. *Nature Neuroscience*, 7 (7), 703 – 704.
- Münter, T. F., Heinze, H., & Mangun, G. R. (1993). Dissociation of brain activity related to syntactic and semantic aspects of language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5 (3), 335 – 344.
- Münter, T. F., Heinze, H., Matzke, M., Wieringa, B. M., & Johannes, S. (1998). Brain potentials and syntactic anomalies revisited, no evidence for specificity of the syntactic positive shift. *Neuropsychologia*, 36 (3), 217 – 226.
- Neville, H. J., Nicol, J. L., Barss, A., & Forster, K. I. (1991). Syntactically based sentence processing classes, Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3 (2), 151 – 165.
- Ni, W., Constable, R. T., Mencl, W. E., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Gore, J. C., & Shankweiler, D. (2000). An event-related neuroimaging study distinguishing form and content in sentence processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12 (1), 124 – 133
- Ni, W., Fodor, J. D., Crain, S., & Shankweiler, D. (1998). Anomaly detection, Eye movement patterns. *Journal of Psycholinguistic Research*, 27 (5), 515 – 539.
- O'Halloran, J. P., Isenhardt, R., Sandman, C. A., & Larkey, L. S. (1988). Brain responses to semantic anomaly in natural, continuous speech. *International Journal of Psychophysiology*, 6 (4), 243 – 254.
- Osterhout, L., & Mobley, L. A. (1995). Event-related potentials elicited by failure to agree. *Journal of Memory and Language*, 34 (6), 739 – 773.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1995). Event-related brain potentials and language comprehension. In M. D. Rugg, & M. G. H. Coles (Eds). *Electrophysiology of Mind, Event-Related Brain Potentials and Cognition*. Oxford, Oxford University Press.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31 (6), 785 – 806
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1993). Event-related potentials and syntactic anomaly, evidence of anomaly detection during the perception of continuous speech. *Language and Cognitive Processes*, 8 (4), 413 – 438.
- Osterhout, L., Holcomb, P. J., & Swinney, D. A. (1994). Brain potentials elicited by garden-path sentences; evidence of the application of verb information during parsing. *Journal of Experimental Psychology*, 20 (4), 786 – 803.
- Osterhout, L., & McKinnon, R. (1996). On the language-specificity of the brain response to syntactic anomalies, is the syntactic positive shift a member of the P300 family? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8 (6), 507 – 526.
- Osterhout, L., McLaughlin, J., & Bersick, M. (1997). Event-related brain potentials and human language. *Trends in Cognitive Sciences*, 1 (6), 203 – 209.
- Osterhout, L., & Nicol, J. (1999). On the Distinctiveness, Independence, and Time Course of the Brain Responses to Syntactic and Semantic Anomalies. *Language and Cognitive Processes*, 14 (3), 283 – 317.
- Pan, W. G. (2004). Comparative guidelines of Chinese and English. Beijing, Beijing Language University Press.
- [潘文国. (2004). 汉英语对比纲要. 北京语言大学出版社.]

- Penke, M. , Weyerts, H. , Gross, M. , Zander, E. , Münte, T. F. , & Clahsen, H. (1997). How the brain processes complex words, an event-related potential study of German verb inflections. *Cognitive Brain Research*, 6 (1), 37 – 52.
- Rösler, F. , Pütz, P. , Friederici, A. D. , & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials while encountering semantic and syntactic constraint anomalies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5 (3), 345 – 362
- Simos, P. G. , Basile, Luis F. H. , & Papanicolaou, A. C. (1997). Source localization of the N400 response in a semantic-reading paradigm using evoked magnetic fields and magnetic resonance imaging. *Brain Research*, 762 (1 – 2), 29 – 39.
- Stern, H. (1992). Issues and options in language teaching. Shanghai, Shanghai Foreign Language Education Press.
- Ye, Z. , Luo, Y. , Friederici, A. D. , & Zhou, X. (2006). Semantic and syntactic processing in Chinese sentence comprehension: Evidence from event-related potentials. *Brain Research*, 1071 (1), 186 – 196

ERP Investigation into English Sentence Processing of Chinese ESL Learners: Taking English Active Sentences as An Example

CHANG Xin¹, ZHANG Guo-Li², WANG Pei¹

(¹ The Department of Psychology, Education College, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

(² National Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing 100875, China)

Abstract

Randomly selecting 20 university students (10 female, 10 male) as subjects, who were right-handed and had passed CET-4 and Manipulating different anomaly types (semantically, syntactically or doubly anomalous sentences) and anomaly words at sentence-internal and sentence-final position, the study probed into Chinese ESL learners' mental mechanisms of English active sentence processing by using ERPs. Specifically, the experimental materials included 360 active sentences whose length ranges from 6 to 8 words and were classified into six types (each type includes 60 sentences): control sentences, sentence-internal syntactic anomalies, sentence-internal semantic anomalies, sentence-final syntactic anomalies, sentence-final semantic anomalies and sentence-internal and sentence-final double anomalies involving both semantic and syntactic difficulties. The task of subjects was to judge whether the sentences were correct. In addition, the indices of the observation were reaction times, the rate of correct responses and ERP indices in the process of the experiments.

The results indicated: Under sentence-internal syntactic anomalous condition, the ELAN was visible. Under sentence-final syntactic anomalous condition, the P600 was observed. In relation to semantic anomalies, the sentence-final N400 was significantly larger than the sentence-internal. There existed the effect of word position. Under doubly anomalous condition, both the N400 and P600 were detected and the change on amplitude showed an asymmetry compared to single anomalies. To be specific, as for the P600, double anomalies elicited a larger increase in the P600 amplitude. With regard to the N400, double anomalies produced smaller amplitude. The pattern of results showed the interaction between semantic and syntactic processing. Semantic processing had greater impact on syntactic processing.

Key words English sentence processing; syntactic anomaly; semantic anomaly; double anomaly; Chinese ESL Learners.