

语言和音乐中短语边界的认知加工*

李卫君^{1,2} 杨玉芳¹

(¹中国科学院心理研究所, 北京 100101) (²中国科学院研究生院, 北京 1000039)

摘要 综述了近年来语言和音乐中有关短语边界加工的一些研究成果。首先, 语言中使用事件相关电位技术(ERP)进行的众多研究表明, 口语中的语调短语边界和阅读中的逗号都能诱发中止正漂移(CPS)这种反映语调短语中止的ERP成分。然后介绍了近期关于音乐短语结构的一系列ERP和事件相关磁场(ERF)研究, 结果发现在各种实验条件下音乐CPS都能够稳定产生。最后, 对今后汉语韵律层级结构边界的认知加工研究做出展望。

关键词 语言, 音乐, 事件相关电位, 事件相关磁场, 短语边界, 中止正漂移。

分类号 B842

1 引言

言语和音乐作为听觉信息的两个主要代表, 有一些相似的特点: 他们都由随时间展开的连续事件构成, 并且可通过相同的参数如音高、时程、响度等来表示其音韵学特征; 两种系统都有特定的语法和语音学规则, 并且应用相同的组块和切分规则形成序列的声音流, 并将其组织成短语^[1,2]。

要理解语言和音乐, 对短语的感知至关重要, 而短语的加工离不开正确的识别短语边界。这些短语边界通常由一定的结构标记来表征。口语中的韵律边界经常通过基频的移动和时程信息, 如边界前音节延长以及停顿的插入实现^[3], 这些参数也是音乐的边界标记^[1]。

过去有关韵律边界的心理语言学研究, 大多数都在探讨韵律边界如何消除句法歧义的问题^[4-10], 另外一些研究则在讨论如何预测韵律边界的位置^[11-13], 而对韵律边界知觉的研究则很少。音乐中有关短语边界认知加工的研究也不多, 并且主要是使用行为实验研究的, 比如1987年, Palmer和Krumhansl考察了时间和信息结构在音乐短语认知中的作用, 还有Chiappe和Schmuckler于1997年研究了音乐家和非音乐家使用音乐短语结构的差异等^[14]。

Warren在1999年的一篇文章中提到, 使用新的方法如ERP可能能够让人们更清楚的了解包括韵律加工在内的各种心理操作过程^[15]。ERP的优势主要在于它具有很高的时间分辨率(微妙~毫秒), 还便于与传统的行为测量指标——反应时有机的结合, 进行认知过程研究, 且具有无创性, 可以精确的评价发生在脑内的认知加工活动; 同时, 多导联ERP设备还解决了其空间分辨率的局限^[16]。

正是ERP有上述这些优点, 许多研究者都使用它来研究各种认知加工过程, 并发现了相对应的ERP成分, 如反映了预期的CNV、与运动相关的BSP以及反映语义背离的N400等。近年来, 语言和音乐中短语边界的认知加工受到了研究者的广泛关注, 并且发现了一种与边界认知有关的ERP成分CPS(closure positive shift), 在音乐中被称为音乐CPS(mCPS)。CPS是一种双侧中央顶级(bilateral centroparietal)分布的正波成分, 在大脑中线附近最显著, 口语边界第一个可利用的声学征兆, 如边界前音节的延长, 就可以诱发这个成分的开始, 因而它在停顿出现前就开始了, 时程大约为500ms。mCPS与CPS在波幅和地形学分布上相似, 但是潜伏期和时程差异较大。mCPS一般在短语边界结束后500ms才出现, 并且持续时间也相对较短, 大约为100ms。

2 语言中短语边界的认知加工

Steinhauer等人(1999)首次使用ERP技术研究了韵律在自然口语句子理解中的作用^[17]。他们将三

* 国家自然科学基金项目(30370481)。

通讯作者: 杨玉芳, E-mail: yangyf@psych.ac.cn

注: “短语”是描述语言学的词汇, 音乐中相对应的结构单元应称为“小节”(二者在英文中都被称为“phrase”)本文为了描述的方便, 将语言中的短语和音乐中的小节统称为“短语”。

种类型的德语句子 (a. [Peter verspricht Anna zu arbeiten]_{IPh1} [und das Büro putzen]_{IPh2}, b. [Peter verspricht]_{IPh1} [Anna zu entlasten]_{IPh2} [und das Büro putzen]_{IPh3}, 以及将a、b通过拼接处理形成的韵律句法违反句 c. [Peter verspricht]_{IPh1} [Anna zu arbeiten]_{IPh2} [und das Büro putzen]_{IPh3}) 听觉呈现给被试, 要求他们听句子并完成理解任务 (实验1) 或完成韵律合适性判断及理解任务 (实验2)。行为和ERP数据表明韵律影响了句法的早期加工: 被试意识到了c句的韵律句法失匹配, 其错误的韵律边界误导了被试对句子的加工, 并且诱发了N400~P600成

分, 它反映了由韵律诱导的花园路径效应。此外, 研究者首次发现了与韵律边界加工有关的一种新的ERP成分, 由于它主要反映了语调短语的中止, 对应于语调短语边界 (如图1所示), 因此把它称为CPS。它是一种双侧中央顶部分布的正波成分, 在大脑中线附近最显著。进一步的研究发现, 这种成分并不与标记 (marking) 边界的声学特性直接相关, 因为切掉材料b和c的第一个语调短语边界处的无声段后, ERP实验仍然在此处观察到了CPS, 表明它确实反映了韵律边界的加工, 而不止是由听者感知到了打断言语输入信号的停顿产生的。

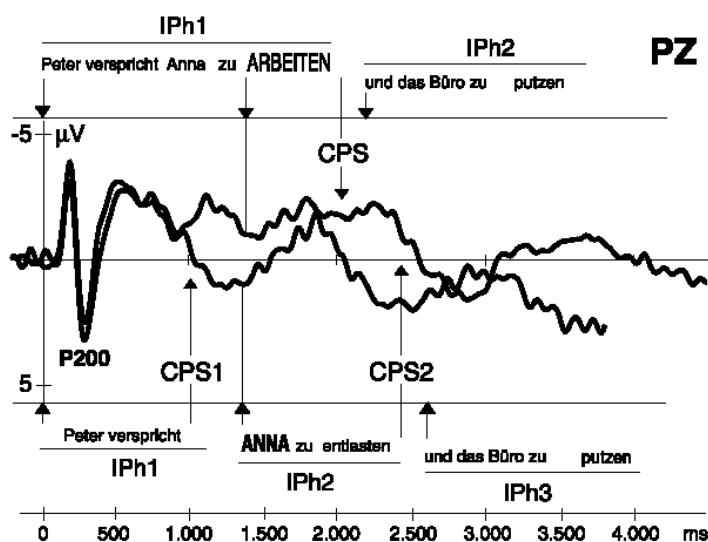


图1 语调短语边界诱发的CPS^[16]

注: 此图反映了前两个实验在PZ电极位置出现的CPS成分, 黄线和蓝线分别代表a、b两种类型的句子, 它们都在对应的语调短语边界位置诱发了CPS; a类句子在第二个动词“arbeiten”后有一个语调短语边界, 因而它诱发了一个CPS, 而b类句子有两个语调短语边界, 因而CPS分别出现在“Anna”的前面和第二个动词“entlasten”后面。

Pannekamp等人 (2005) 为进一步确定CPS的出现只依赖于韵律信息, 而与其他音段信息无关, 他们使用ERP进一步研究了口语中韵律边界的认知加工^[18]。实验采用了语言学信息依次递减的4种材料: 正常句与上述研究材料基本相同, 包括了音素、句法、语义和韵律信息; 无意义句保留了所有的功能词, 其句法结构与正常句类似, 但实词被音韵学合法的假词代替, 形成了没有语义但其余信息保留的句子; 假词句, 所有功能词和实词都被音韵学合法的假词代替, 形成了只含有音素和韵律信息的句子; Hummed sentences是由专业发音人产生的与正常句

语调相同的嗡嗡声, 此类句子只包含韵律信息; 并且每种材料都被区分为含有一个语调短语边界和两个语调短语边界两种条件。4个ERP实验分别使用其中的一种材料, 要求被试完成再认记忆任务。实验发现, 所有包含一个语调短语边界的材料都在语调短语边界位置诱发了一个CPS, 而包含了两个语调短语边界的材料则在两个语调短语边界各诱发了一个CPS。由此说明, 在口语的认知加工过程中, CPS的出现只依赖纯粹的韵律信息, 即对语调短语边界的认知, 而不依赖于其他的音素、句法和语义信息。随着语言学信息的减少, CPS在较早的时间窗口表

现出了向大脑前部和右部移动的倾向，但在后一个时间窗口中，它在各个条件下都表现出非常稳定的头皮分布。

近年来，越来越多的研究者认为人们在阅读时，似乎听到一种有节奏的来自内部的声音（inner voice），即产生默读的韵律（implicit/overt prosody），并且这种默读的韵律受到了标点符号的影响^[19-21]。还有研究表明阅读中的逗号和口语中的韵律边界一样，也能够消除句法歧义^[22]。为进一步研究逗号和韵律边界之间的对应关系，Steinhauer和Friederici（2001）使用ERP对逗号是否能够引导最初的句法分析，并诱发CPS进行了考察^[23]。他们采用了Steinhauer等人1999年的实验材料，将其分为有逗号和无逗号两种条件，然后视觉呈现给被试，要求他们做出难易理解判断。实验结束后，让被试根据自己的习惯给一些与实验句相似的句子加标点，以了解被试使用标点的习惯。结果发现，阅读中的逗号与口语中的韵律边界一样，能够引导最初的句法分析，它们以隐蔽的方式引发了相似的韵律短语，但由于音韵学表征激活程度较小，逗号诱发的CPS似乎比语调短语边界诱发的CPS波幅和时程要小。不同被试因为使用标点的习惯不同，在逗号处诱发的CPS波幅有较大差异：有严格标点符号习惯的被试对句子中的逗号更敏感，因而CPS波幅较大；而没有严格标点符号习惯的被试则只诱发了较小的CPS。为排除这种成分可能反映了句法加工的可能性，最后一个实验要求被试先听一个过滤掉词汇信息的纯韵律信息，然后视觉呈现句子，让他们按照听到的韵律信息默读看到的句子，完成难易理解判断任务。结果发现被试在听纯韵律信息和默读句子两种情况下，都在对应的语调短语边界位置产生了CPS。由此表明，不包含任何词汇信息的韵律也可以诱发CPS成分，它的出现独立于句法信息和诱发它产生的线索的类型。这个研究第一次直接表明，逗号可以被作为引发默读韵律短语的视觉线索。

基于以上有关韵律边界和标点符号的研究，

Steinhauer（2003）对其做了进一步的总结分析^[15]。他认为，将句子切分为较小的短语是逗号和韵律边界共有的功能，这种功能依赖于韵律短语的机制，因而逗号和韵律边界可以诱发相同的大脑反应，即反映语调短语中止的CPS成分。Steinhauer通过分析排除掉CPS反映了动词的加工，或受到其他外源成分如N100、P200的影响，从而诱发它产生的可能性。在阐述了CPS与P600等成分之间关系的基础上，进一步明确了它的出现与输入形态、实验任务和诱发它产生的线索类型无关，似乎听者和读者只要将当前的句子切分为韵律短语，这个成分就会出现。此外，CPS在听觉实验中要比视觉实验中的波幅大、时程长，因而它可能与音韵学表征的激活程度成正比。

另有研究表明，CPS在口语认知过程中不一直都是出现在每个语调短语边界处，它还受到目标句前面信息结构的影响。如果一段话的注意焦点被指向为一个特定的词汇，那么CPS就会出现在这个重读的词汇后面^[24]。这可能是由重读和短语边界之间的复杂关系造成的，因为一个重读的词汇后面往往会跟随一个边界，CPS在重读词汇后面出现实际仍然反映了对语调短语边界的加工。但是，确定的结论需要进一步的研究。

3 音乐中短语边界的认知加工

如前所述，语言和音乐有许多相似之处，这也得到了最近神经心理学研究的证明：原来被认为是反映语言中句法加工的特定结构Broca区，在音乐认知中也被激活^[25]；在音乐中还发现了在语言中出现的由于结构不一致而诱发的P600以及早期左侧负波^[26]。基于音乐和口语之间在韵律/句法水平上紧密的联系，以及二者非常相似的短语边界征兆，Knösche等人推测音乐和语言可能有相似的神经基础，在语言中发现的与韵律边界加工有关的CPS成分，在音乐短语边界的认知加工过程中也有可能出现。



图2 音乐中短语边界认知实验材料^[1]（上为phrased，下为unphrased）

于是, Knösche等人(2005)采用联合EEG和MEG的技术研究了音乐短语边界的认知^[1]。实验以钢琴演奏的音乐片段为材料,分为phrased和unphrased两种条件。phrased是一种含有两个短语(短语边界在中间)的音乐原作,而unphrased是将phrased的停顿替换成了一个或几个音符的修改了的音乐片段(如图2所示)。此外,1/10的材料中还随机把一些音符换成错误音符。实验要求受过音乐训练的被试听音乐片段,并完成错误音符探测任务。研究发现,EEG实验中phrased与unphrased条件相比,在停顿结束后的500~600ms之间出现了最大值分布在双侧中央顶部的正波;MEG实验中,在停顿结束后的400~700ms发现了一个双峰值正成分。EEG

实验发现的成分在波幅和地形图上都与口语认知加工中由语调短语边界诱发的CPS相似,因此Knösche等人把他们发现的正成分称为mCPS(音乐CPS)。源分析数据表明,这个成分可能由边缘系统产生,尤其是反映了记忆和注意过程的带状束的前部和后部以及中央颞叶皮层。研究者据此认为,至少是在音乐中,CPS不只反映了人们觉察到边界,它还反映了一种与记忆和注意有关的过程,即引导人们将注意焦点从一个短语转移到下一个短语,从而中止前面的短语,开始对后面短语进行加工的过程。这个研究首次在音乐中发现了与边界认知加工有关的成分CPS,表明人们对音乐和语言短语边界的加工有相似的潜在过程。

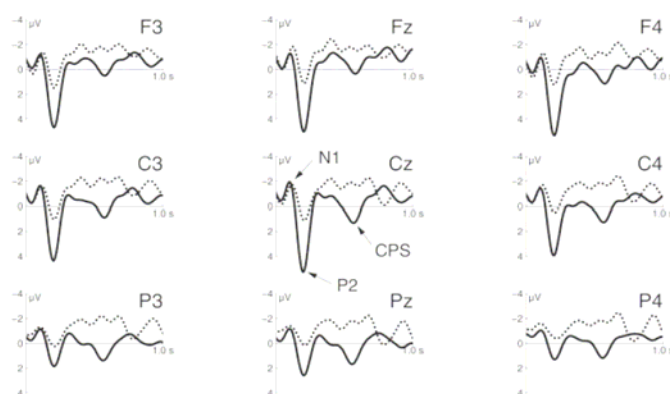


图3 音乐短语边界诱发的CPS^[1]
(实线表示原始的phrased条件,点线表示unphrased条件)

根据过去的研究,音乐家和非音乐家在感知音乐时,既有相似之处^[27],又存在显著的差异^[28]。上述研究主要考察了受过音乐训练的音乐家感知音乐短语边界的情况,对于未受过音乐训练的普通人是否会诱发相同的CPS成分,还是会有其他的ERP效应还不知道。另外,被试在感知音乐短语边界时,哪些声学线索起了关键作用还不清楚。

Neuhaus, Knösche和Friederici(2006)针对这些问题,使用ERP和ERF研究了音乐训练和不同短语边界征兆(marker)对音乐CPS的影响^[14]。实验材料包括与上述研究相似的音乐原作(phrased),在停顿处插入音符的unphrased条件,增加了停顿长度缩短了边界音符,以及缩短了停顿长度延长了边界音符四种音乐片段。实验任务与上述研究相同。结果发现CPS受到停顿长度,停顿前最后一个音符

的长度和谐波函数(harmonic function)这些标记音乐短语的参数的影响。停顿尽管对CPS的出现起到了决定性的作用,但是只依靠一个长的停顿不一定能产生一个波幅大的CPS;它主要反映了短语的更高级的认知加工,而不只是知觉到了停顿,这与上述研究结果一致。音乐家和非音乐家的电生理反应差异非常大,音乐家感知到音乐短语边界时,在ERP和ERF实验中分别产生了CPS和CPSm,非音乐家在两个实验中则分别产生了一个较早的前部负波和一个不太明显的CPSm。ERF实验中发现的CPSm是一种在停顿结束后400~700ms之间出现的双峰值正成分,它主要分布于额中央区(frontocentral),尽管它也反映了音乐短语边界的加工,但是与主要反映自上而下加工的CPS相比,它主要反映了声学边界征兆的自下而上的加工。音乐家和非音乐家电

生理反应差异表明,音乐家和非音乐家在加工短语边界时,由于音乐经验不同使用的策略不同:音乐家似乎采取了一种类似于语言加工者理解本国语言的结构方式加工音乐短语,而非音乐家则认为短语边界是一种对连贯性的违反,他们主要感知到的是听觉信号的不连续性。

有趣的是,在语言研究中也发现了相似的结果,如 Pannekamp 等人(2005)使用嗡嗡声材料研究母语为德语的被试,在短语边界处发现了 CPS,而 Isel 和 Friderici(2005)使用相似的材料研究母语非德语的被试,却只观察到了一种较早的前部负波。对于语言和音乐研究的这种相似性,究竟是一种偶然还是有潜在的相似的机制起作用,我们不得而知,需要更多地深入研究。

继上述两个研究, Nan Y 等人(2006)使用 ERP 研究了跨文化条件下音乐短语边界的认知加工^[29]。实验材料为中国和西方的音乐片段,分别包括 *phrased* 和 *unphrased* 两种条件,以及合并起来的音乐片段(属于同一文化类型,音步相同的不同音乐拼接得到)。实验要求中国和德国音乐家判断听到的音乐类型,与上述的错误音符探测任务相比,这是一种更为综合的任务,因为它引导被试感知整个音乐片段,而不像错误音符探测任务那样只需要被试关注音乐的局部结构。结果发现,与 *unphrased* 条件相比,两组被试在听两种类型的 *phrased* 音乐时,都在停顿结束后 450~600ms 之间产生了 mCPS,表明它的出现不受被试的文化背景和音乐类型之间关系的影响。另外,与上述两个研究相比,本研究使用了更为综合的任务,同样观察到了与音乐短语边界加工有关的 CPS 成分,说明它的出现不受实验范式的影响,从而进一步证明 CPS 主要反映了短语边界作为整个音乐片段的组成成分的加工,而不只是被试觉察到像停顿这样的短语边界征兆。更重要的是,本研究发现不同文化背景的音乐家在听本国和异国音乐时都能产生 CPS,扩展了 CPS 作为标记音乐短语边界加工的普遍性。

Nan Y 等人(2006)的研究还发现,中国音乐与西方音乐相比,尤其是德国音乐家听中国音乐时, CPS 波幅增大。Nan 认为这可能是因为中国音乐有较长的短语和停顿,并且边界前的音符的长度也更长造成的,这符合 Neuhaus 等人的研究结论,即较长的停顿和边界前音符会产生较大波幅的 CPS;但由于中国和西方音乐家接受的都是西方音乐的正式训

练,中国和西方音乐家听中国音乐较西方音乐诱发了波幅较大的 CPS,可能反映了正式音乐训练的影响,也就是说正式的音乐训练会导致 CPS 波幅降低。

为深入探讨这个问题, Nan Y 使用相同的材料和实验范式研究了中国和德国非音乐家对音乐短语边界的认知^[30]。研究结果与 Neuhaus 等人(2006)不同,中国和德国非音乐家在感知到短语边界时产生了 CPS,她认为这主要是由任务的差异引起的。虽然任务差异对音乐家没有影响,但是却在很大程度上影响了非音乐家,表明音乐能力影响短语加工,尤其是 CPS 代表的阶段。中国音乐仍然诱发了比西方音乐波幅更大的 CPS,表明它的波幅主要受到音乐类型的影响,与正式音乐训练无关。

为加深人们对音乐短语加工中 CPS 的本质的理解, Nan Y 又研究了 CPS 是否反映了跨短语边界的语调功能的加工^[30]。实验材料选自西方音乐库中含有两个短语的音乐片段,分为两套,一套为原有的音乐,另一套保持音乐片段的第一个短语不变,将第二个短语换成另一个音乐的第二个短语。德国音乐家在听完一个音乐片段后,完成大调/小调的探测任务。结果发现 CPS 的波幅受到第二个短语第一个音符的影响,表明 CPS 反映了跨短语边界的语调功能的加工,音乐短语边界的加工不只是觉察到了短语边界线索,并且体现了边界前后短语的整合。

4 小结

近几年,由于研究者广泛使用 ERP、ERF 等能够揭示信息加工时间进程以及神经基础的技术,使得语言和音乐边界的认知加工研究取得了新进展,并发现了一种新的成分 CPS。与其他 ERP 成分如 LAN、P600 和 N400 不同的是,它不是反映了语义或句法的加工,而是体现了短语边界的认知加工,从而为语言和音乐的在线加工打开了一个新窗口。目前的研究尽管取得了巨大的成就,但仍然有一些问题有待进一步研究。

首先,到目前为止语言中有关 CPS 的研究几乎都是使用德语进行的,其他语言的相关研究则基本没有,因而需要加强对包括汉语在内的其他语言的研究,寻求不同语言的共同点并作跨语言的比较,扩展和深化与短语边界有关的 CPS 的研究。

其次,综合上面的研究可以发现,语言 CPS 都是由语调短语边界诱发的,而韵律短语边界与语调短语边界既有不同点,又有相似之处,它是否也能诱发同样的 CPS 还不知道。并且如果韵律短语边界

能够诱发这个成分, CPS在潜伏期、时程、波幅等方面是否会有变化有待进一步的考察。解决了这些问题, 可以使我们清楚的了解CPS稳定出现的精确的声学和音韵学条件, 确定哪些关键因素诱发了CPS。

最后, 现在的研究者普遍认为语言中的CPS反映了语调短语的中止, 音乐中的研究则表明它还反映了与记忆和注意有关的过程^[1], 以及跨短语边界的语调功能的加工^[30]。这些观点有待语言研究的证实, 深化人们对CPS的本质的理解。纵观各种ERP成分的研究历程可以看到, 它们所反映的心理过程总是被不断扩展, CPS也有可能是这样, 这需要各国不同领域的研究者进一步的研究。将来, CPS还可能被作为研究语言和音乐脑机制的一种新的客观指标, 为揭示他们的认知加工规律发挥作用。

参考文献

- [1] Knösche T R, Neuhaus C, Haueisen J et al. The perception of phrase structure in music. *Human Brain Mapping*, 2005, 24: 259~273
- [2] 叶铮, 周晓林. 音乐之脑. *心理科学进展*, 2006, 14(5): 641~647
- [3] Beach C M. The interpretation of prosodic patterns at points of syntactic structure ambiguity: evidence for cue trading relations. *Journal of Memory and Language*, 1991, 30: 644~663
- [4] Pynte J, Prieur B. Prosodic breaks and attachment decisions in sentence parsing. *Language and Cognitive Processes*, 1996, 11, 165~192
- [5] Cutler A, Dahan D, Van Donselaar W A. Prosody in the comprehension of spoken language: A literature review. *Language and Speech*, 1997, 40: 141~202
- [6] Kjelgaard M M, Speer S R. Prosodic facilitation and interference in the resolution of temporary syntactic closure ambiguity. *Journal of Memory and Language*, 1999, 40: 153~194
- [7] Schafer A J, Speer S R, Warren P, White S D. International disambiguation in sentence production and comprehension. *Journal of Psycholinguistic Research*, 2000, 29:169~182
- [8] Carlson K, Clifton C, Frazier L. Prosodic boundaries in adjunct attachment. *Journal of Memory and Language*, 2001, 45: 58~81
- [9] Clifton C, Carlson K, Frazier L. Informative prosodic boundaries. *Language and Speech*, 2002, 45: 87~114
- [10] Frazier L, Carlson K, Clifton C. Prosodic phrasing is central to language comprehension. *Trends in cognitive science*, 2006, 10(6): 244~249
- [11] Frazier L, Clifton C, Carlson K. Don't break or do: Prosodic boundary preferences. *Lingua*, 2004, 114: 3~27
- Watson D, Gibson E. The relationship between intonational phrasing and syntactic structure in language production. *Language and Cognitive Processes*, 2004, 19: 713~755
- [12] Watson D, Gibson E. Intonational phrasing and constituency in language production and comprehension. *Studia Linguistica*, 2005, 59: 279~300
- [13] Watson D, Breen M, Gibson E. The role of syntactic obligatoriness in the production of intonational boundaries. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 2006, 32(5): 1045~1056
- [14] Neuhaus C, Knösche T R, Friederici A D. Effects of musical expertise and boundary markers on phrase perception in music. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2006, 18: 1~22
- [15] Steinhauer K. Electrophysiological correlates of prosody and punctuation. *Brain and Language*, 2003, 86: 142~164
- [16] 赵仑. ERP实验教程. 天津: 天津社会科学院出版社, 2004. 31~39
- [17] Steinhauer K, Alter K, Friederici A D. Brain potentials indicate immediate use of prosodic cues in natural speech processing. *Nature Neuroscience*, 1999, 2(2): 191~196
- [18] Pannekamp A, Toepel U, Alter K et al. Prosody-driven sentence processing: an Event-related brain potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2005, 17(3): 407~421
- [19] Chafe, W. Punctuation and the prosody of written language. *Written Communication*, 1988, 5: 396~426
- [20] Bader M. Prosodic influences on reading syntactically ambiguous sentences. In: J D Fodor, F Ferreira (Eds.), *Reanalysis in sentence processing*. Dordrecht: Kluwer, 1998. 1~46
- [21] Fodor J D. Psycholinguistics cannot escape prosody. *Proceeding of the first conference on Speech Prosody*, Aix-en-Provence, France, 2002, April, 11~13
- [22] Cohen H., Douaire J, Elsabbagh M. The role of prosody in discourse processing. *Brain and Cognition*, 2001, 46(1~2): 73~82
- [23] Steinhauer K, Friederici A D. Prosodic boundaries, comma rules, and brain responses: The closure positive shift in ERPs as a universal marker for prosodic phrasing in listeners and readers. *Journal of Psycholinguistic Research*, 2001, 30(3): 267~295
- [24] Hruska C, Alter K, Steinhauer K, Steube A. Misleading dialogues: Human's brain reaction to prosodic information. In: Cavé Ch, Guaïtella I, S Santi (eds.). *Orality and Gestures. Interactions et comportements multimodaux dans la communication*. l'Harmattan. Paris, 2001. 425~430
- [25] Maess B, Koelsch S, Gunter T C et al. Musical syntax in processed in Broca's area: and MEG study. *Nature Neuroscience*, 2001, 4: 540~545
- [26] Patel A D. Language, music, syntax and the brain. *Nature*

- Neuroscience, 2003, 6: 674~681
- [27] Koelsch S, Gunter T C, Friederici A D, Schröger E. Brain indices of music processing: non-musicians are musical. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2000, 12: 520~541
- [28] Van Zuijen T L, Sussman E, Näätänen R et al. Grouping of sequential sounds: An event-related potential study comparing musicians and nonmusicians. *Journal of cognitive Neuroscience*, 2004, 16: 331~338
- [29] Nan Y, Knösche T R, Friederici A D. The perception of musical phrase structure: A cross-cultural ERP study, *Brain Research*, 2006, 1094(1): 179~191
- [30] 南云. 音乐小节结构的认知: 神经基础及其跨文化和音乐经验效应. 中国科学院心理研究所博士论文, 2006

The Cognitive Process of Phrase Boundary in Language and Music

Li Weijun^{1,2} Yang Yufang¹

(¹Institute of Psychology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

(²Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In recent years, a growing number of researchers have been involved in the phrase structure processing of language and music. Firstly, the present review introduces the event-related brain potential (ERP) studies of phrase boundary processing in language. In ERPs, the prosodic boundaries in natural speech and commas during silent reading reliably elicit a similar online brain response, termed the Closure Positive Shift (CPS), which reflects the closure of intonational phrase. Then, the latest studies of music phrase processing with ERP and event related magnetic field (ERF) technique are reviewed. The replication of music CPS demonstrates the robustness of this ERP component. New trends and issues concerning to the study of prosodic hierarchical boundaries are discussed in the end.

Key words: language, music, ERP, ERF (event related magnetic field), phrase boundary, closure positive shift(CPS)