
语用等级含义加工的脑 与认知机制^①

蒋晓鸣 周晓林

[摘要] 言语交际的重要特征是听话人通过字面信息理解话语背后的隐含意义。理解语用等级含义是指人们通过加工表达语用尺度上某个等级的词汇或短语来提取会话含义。本文综述国内外有关语用等级含义加工的认知和脑机制研究,提出语用等级含义加工与词汇语义加工之间、语用等级含义加工与其他语用信息加工之间在神经活动上存在共性和差异;提出与推理相关的神经网络参与等级含义理解;并提示多种语用信息加工认知过程之间相互作用的机制。对这些问题的解答,将为建立语用信息处理的认知加工模型提供直接依据。

[关键词] 等级含义;语用学;认知过程;脑机制

言语交际是人类社会交往最为核心和普遍的特征之一(Clark, 1985; Holtgraves et al., 1989)。在言语交际过程中,为了表达特定的交际目的,说话人会故意产出听上去有问题的句子或意义不明确的句子。为了能正确地理解说话人的意图,读者和听者往往透过字面信息来理解话语背后的隐含意义。人们利用语言内部知识(比如词汇语义、语法规则等)、语言外部背景信息(又称语用线索,比如说话人社会身份、意图等)以及语言内外部信息之间的冲突(比如说反话等)来理解会话含义。探索基于会话含义理解的语用加工机制成为当前人工智能科学突破真实情境下的人机沟通和话语理解的技术难点(Holtgraves & Han, 2007),也成为当前心理语言学(Levinson, 2000; Noveck, 2001)和认知神经科学亟待解决的重要问题之一(Noveck & Posada, 2003; Van Berkum, 2009)。

① 感谢北京大学外国语学院姜望琪教授在论文写作中给予的有关语言学的宝贵建议,感谢匿名评审者提出的建议和修改。本研究得到国家社科基金重大项目(No. 12&ZD119)、国家自然科学基金(30970889, 30110972, J1103602)、中国博士后科学基金(20100480150, 2012T50005)资助。

1 语用等级含义加工的脑机制研究：来自信息充分性加工的证据

会话含义理解的一个重要问题是人们如何加工语用等级含义 (pragmatic scalar implicature), 即人们如何通过加工表达语用尺度上某个等级的词汇或短语来提取会话含义。例如, “连那样的声音他都能听清楚”, 虽然句子字面意义表达了“他能听清楚那样的声音”, 但是语用结构“连……都”提示了“听清楚那样的声音”是最违反预期的情况 (那种声音是最不容易听清楚的)。目前对于语用等级含义的研究大多集中在认知语言学领域对语言现象的描述或行为层次的简单验证, 而缺乏对其背后加工的认知神经机制的深入探讨。

目前只有三个研究直接考察了语用等级含义加工的认知神经机制 (Nieuwland et al., 2010; Noveck et al., 2003; Polizer-Ahles et al., 2013)。这三项研究都探讨了信息充分性等级含义的加工机制。所谓信息充分性等级含义是指表达较低信息充分性 (informativeness) 的数量词 (例如: “有的”) 可以提示会话含义 (Horn, 1976; 1989)。例如“有的长颈鹿有脖子”, 如果从句子的结构规则和词汇语义来看, 这个句子完全合理。但是如果考虑“有的”语用因素 (提示了不充分的信息), 这个句子不符合人们的世界常识 (所有的长颈鹿都有脖子)。Noveck 等人 (2003) 让被试阅读以等级数量词 (some) 开头的句子并判断句子的逻辑对错。句子的类型包括信息不充分句 (等级含义违反句 *Some turtles have shells), 信息充分句 (Some people have brothers), 世界知识不正确句 (*Some couches have windows)。行为结果发现被试对信息不充分句的判断表现出个体差异: 只有一部分被试将违反句判断为错误。脑电结果发现信息充分句相比信息不充分句在关键词上引起更大的 N400 效应 (在关键词出现之后 400 毫秒左右引起的更大的波幅为负走向的脑电活动), 但是使用行为判断结果进行分组并没有发现 N400 效应的差异。此外, 世界知识不正确句相比信息不充分句在关键词上也引起更大的 N400 效应。这个研究暗示: 1) 语用等级含义加工具有个体差异; 2) 世界知识的加工与数量等级含义加工之间可能具有不同的神经机制。为了进一步考察语用等级含义如何受其他语用变量影响, Nieuwland 等人 (2010) 采用类似的句子材料, 采用听觉呈现的方式, 发现推测他人意图的能力 (语用能力) 比较强的个体, 加工信息不充分句相比信息充分句, 在关键词上引起更大的 N400 效应, 但是语用能力比较弱的个体, 则表现出相反的模式。同时, 当信息不充分句的关键词受到定语从句限定并弱化了不充分性时 (*Some people have lungs that are diseased by viruses), 信息不充分句引发的 N400 效应消失, 这一结果暗示, 有关语用等级含义加工的神经活动并没有一致的发现。

虽然 Nieuwland 等人的研究提示这一加工过程可能受到交际过程中个体和语境变量的影响, 但是我们并不清楚: 1) 为什么等级含义推理的个体差异与语用能力有关? 是否因为信息性等级含义具有交际含义? 2) 语境变量的操纵如何影响等级含义理解? 使用定语从句的等级含义句和光杆等级含义句之间的差别, 是否在于前者具有额外的话语信息 (例如特定场合) 来帮助被试进行意义的重新计算? 如果不考察

更具有交际含义的等级含义句型（例如反预期等级含义）或者不系统操纵处在不同等级尺度的会话含义，无法回答这些问题。

一个不能忽略的问题是上述研究大都操纵言语性的语用变量，这些操纵在多大程度上影响被试对句子会话含义的理解，取决于被试在实验前是否已掌握相关语用规则。但是语用信息往往具有情景依赖性。研究结果暗示，对实验前已经掌握的语用知识与实验中提示的语用线索（例如图片情景）会引起类似的神经反应。研究者采用“实验图片-句子核证”的实验范式，考察图片提供的语用信息如何影响其后句子理解过程。研究者发现，当句子中包含的词语与先前图片描述的内容信息不一致时（例如在一幅绘有叶子的图片后描述The twig has a red leaf/*denture），引起更大的N400效应（Schillers et al., 2009）；当词语与图片描述的物体位置关系不一致时，不仅引起N400效应，还引起更大的晚期正活动（从听到词语开始以后500毫秒开始波形正走向的脑电活动，Vissers et al., 2008），表明理解者可以利用图片提示的语用信息建立预期，并可能利用该预期发动重新理解的认知机制来解决在句子中遇到的语用信息违反。Polizer-Ahles等人（2013）采用“图片-汉语句子核证”的实验任务，他们要求被试观看“所有小孩在骑马”或者“部分小孩在骑马”的图片和听“有的小孩在骑马”的句子，并判断图片和句子是否表达了同一个意思，结果发现在宾语名词上信息不充分条件引起更大的晚期负活动（从听到“马”以后的500毫秒开始一直持续到1000毫秒的波幅为负走向的脑电活动）。这一结果提示，排除个体语用规则的影响，基于实验情景引发的等级含义加工表现出认知加工上的困难。

② 语用等级含义加工相关的认知心理过程

其他研究虽然没有直接考察语用等级含义加工背后的认知神经机制，但是操纵了其他类型的语义或语用变量，间接提示了句子层次上与语用等级含义加工相关的心理过程。

首先，理解者如何将句子（或话语）中的词汇与语用背景信息加以整合。句子加工的脑电实验发现，当词汇语义与上下文语境不一致时，会引起头皮更强的N400反应（Kutas & Federmeier, 2000; 2011），N400反应强度反映了词汇与语境整合的难度。另有一些研究者采用简单的句子作为实验材料，操纵句子或话语交际层次的语用变量，发现当句子中的关键词与句子上下文语境预期性（Kutas & Federmeier, 2000, 2011）、逻辑连贯性（Pijnacker et al., 2010）不一致时，或与理解者自身的世界知识（Hald et al., 2007; Hagoort et al., 2004）、价值观（Van Berkum et al., 2009）不一致时，或与说话者的社会身份信息不一致（Van Berkum et al., 2008）时，在头皮活动上引起更大的N400效应。功能成像的研究的结果发现，与一致的句子相比，理解与说话者社会身份信息不一致的句子，和与世界知识不一致的句子都在左侧额下回有更强的激活（Tesink et al., 2009）。这些结果暗示语用信息加工与词汇语义信息的加工可能具有类似的神经机制。但这些研究中语用信息的操纵并不导致句

子产生会话含义，所以结论无法简单推广到等级含义的加工机制。

其次，理解者如何处理句子加工过程中形成的多个意义表征。研究表明，语用线索本身可以参与歧义的消解，例如动词隐含因果性信息可以帮助建立照应关系（Koornneef & Van Berkum, 2006; Van Berkum et al., 2007）。Van Berkum 等人（2007）让被试理解含有隐含行为因果性的句子（David praised Linda because she/*he...），发现当指代词的性别与动词提示的行动者性别不一致（he）时，相比一致条件（she），引发头皮更大的P600活动（从代词出现以后600毫秒开始在头皮上引起的等大的正活动）。这一结果表明句子中的语用线索可以具有增加先行词凸显性的作用，并有助于选择更恰当的照应关系。另一些研究（Ye & Zhou, 2009）表明，当语用线索提示的意义表征与基于结构建构的意义表征之间产生冲突时（*小偷把警察逮捕在派出所里：基于语用和世界知识的理解“警察关小偷”与基于结构的理解“小偷关警察”），负责执行功能的脑区参与对不恰当意义表征（语用线索提示的表征：“警察关小偷”）的抑制，冲突句相比无冲突句在内侧额上回、左侧额下回、顶下小叶等区域更强烈地激活。脑电实验（Ye & Zhou, 2008）的结果发现，对于简单句，冲突句相比没有冲突的句子引起更大的P600，对于复杂句，抑制能力强的个体表现出更大的头皮前部的晚期负活动（从看到关键词400毫秒后出现）。在这些研究中，所操纵的语用信息都与多个意义表征之间的选择或冲突后再加工有关。但是等级含义的加工过程并非简单地在多个意义表征之间做出选择（或再选择），也并非简单地抑制一个不恰当的意义表征，因此这些发现无法直接回答句子理解过程中等级含义的处理问题。

再者，理解者如何表征语用等级尺度并利用等级尺度来进行推理。句子加工的研究表明，逻辑推理可能参与语用事件结构的加工。蒋晓鸣等人（Jiang, Tan & Zhou, 2009）发现，被试加工进行事件全称量化较困难的句子（全称量词违反句，*小明把这个苹果都吃了下去）相比加工较容易的句子，在脑电活动上存在差异。相比容易的句子，困难的句子在量词（“都”）上引起更大的持续正活动（从看到“都”以后300毫秒开始引起的波幅为正走向的脑电活动，并且一直持续到下一个词结束），在动词（“吃”）上引起更大的持续负活动（从看到“吃”以后200毫秒开始引起的波幅为负走向的脑电活动）。Baggio 等人（2008）发现被试加工包含难以实现的预期目标的句子（例如*The girl was writing a letter when her friend spilled coffee on the paper中，理解者根据her friend spilled coffee on the paper而推测writing a letter的目标变得难以实现）相比容易实现的句子（*The girl was writing a letter when her friend spilled coffee on the table cloth），在关键词上引起更大的持续负活动。Pylkkanen 等人（2004）让被试阅读语义不完整、需要建构语义表征的句子（*The seamstress began the dress after her short vacation）和语义完整的句子（The seamstress sewed the dress after her short vacation），需要建构事件语义表征的句子在内侧前额叶引起更强烈的脑电活动。这些研究提示语用加工困难的句子（例如：语用违反句或者句子语用信息与字面信息不一致时）需要推理机制的参与来重新计算事件结构（Baggio et al., 2008; Jiang

et al., 2009) 或强制 (coercion) 建构出新的事件表征 (Pylkkanen et al., 2010)。但是等级尺度加工这种特定的语用等级含义推理的认知机制还不清楚。Bonnefon 等人 (2009) 发现以 Some 开始的句子引导威胁听话人面子的情景 (例如 Some people *hated* your poem), 相比于其引导有利于听话人面子的情景 (例如 Some people *loved* your poem), 听话人更少对 Some 进行等级含义理解。但是并不清楚语用等级含义推理如何受到情景因素的调节。

第四, 多个语用过程如何相互作用。只有少部分研究考察了否定加工如何与真值语义计算 (Fischler et al., 1983) 或赘述加工 (Nieuwland & Kuperberg, 2008) 之间相互作用。这些研究同时操纵句子的极性 (肯定或否定), 以及句子的真值 (真或假) 或语用合理性 (是否赘述)。研究发现, 否定信息无法在句子实时加工过程中影响真值语义理解。Fischler 等人 (1983) 通过让被试阅读理解句子, 并同时记录被试的脑电信号, 发现不符合真值语义的句子 (The sparrow is a building) 相比符合的句子 (The sparrow is a bird) 在头皮中后部引起 N400 效应。但是当句子用否定方式表述时, 符合真值语义的句子 (The sparrow is not a building) 相比不符合的句子 (The sparrow is not a bird) 引起 N400 效应。但是最近的研究 (Nieuwland & Kuperberg, 2008) 发现, 否定性语用信息可以实时影响句子赘述性的加工。他们让被试阅读语用合理的肯定句 (With proper equipment, scuba-diving is very safe and often good fun) 和否定句 (With proper equipment, scuba-diving isn't very dangerous and often good fun), 以及造成语用不合理 (赘述) 的肯定句 (*Bulletproof vests are very safe and used worldwide for security) 或否定句 (*Bulletproof vests aren't very dangerous and used worldwide for security), 发现否定句在造成语用不合理时, 相比肯定句在头皮中后部引起 N400 效应, 但是语用合理的否定句与肯定句没有差异。由此可见, 同一种语用信息 (例如: 否定) 如何与其他语用信息相互作用, 存在很大争论。

③ 语用等级含义加工机制的扩展: 来自反预期等级含义加工的神经证据

由上可见, 已有的神经科学研究集中在对信息充分性语用等级含义加工机制的探讨, 并不清楚这些研究结果是否可以推广到其他类型等级含义, 有关语用信息加工神经机制的探讨又有诸多尚未解决的问题, 我们已经完成的几项研究通过考察汉语“连……都”反预期等级含义的加工机制, 试图揭示语用等级含义加工的认知神经机制。

3.1 语用等级含义加工与词汇语义加工是否具有类似或不同的神经机制?

如前所述, 跨实验比较的结果表明, 加工语用信息违反的句子与语义信息违反的句子似乎表现出相似的神经活动 (例如 N400 效应增大或左侧额下回激活增强)。这些发现提示语用信息与语义信息的整合机制可能比较相似。我们希望就此问题提供更直接的证据。

在实验一 (Jiang, Li & Zhou, 2013) 中我们采用了反预期等级含义的结构“连……都”。袁毓林 (2006) 认为,“连……都”提示了进入该结构的事件应该处于反预期等级尺度上的最低点,表达最不符合预期的含义。我们通过系统操纵该结构内事件的反预期性,考察了事件反预期性不明确的语用合理句(连这样的声音他都能听清楚),事件符合预期的语用不合理句(连这么响的声音他都能听清楚),相比事件不符合预期的语用合理句(连这么轻的声音他都能听清楚,基线句)所产生的脑电活动。在关键动词上,我们发现相比基线句,事件反预期性不明确句和事件符合预期的不合理句在动词上都引起更大的N400效应和晚期负活动(从看到动词后550毫秒开始出现的波幅为负走向的脑电活动),初步揭示语义整合和推理过程可能在不同加工阶段参与反预期等级含义句的理解。这个实验的结果提示语用等级含义加工涉及词汇语义和语境意义的整合,语用等级含义加工还需要其他神经过程的参与。

3.2 语用等级含义加工与其他类型的语用加工是否具有类似或不同的神经机制?

整合机制是否就是语用等级含义加工背后唯一的认知机制?很明显,语用等级含义的加工需要透过字面意义提取会话含义,并非对字面意义进行简单整合。跨实验比较的结果表明,与加工简单违反语用信息的句子相比,加工存在多个意义表征的句子(如歧义句或冲突句)似乎表现出不同的神经活动(比如会出现与重新分析过程相关的P600和与抑制过程相关的晚期负活动、内侧额下回激活等);但如果没有任何实验直接对比语用等级含义和其他语用信息加工的神经机制,就无法检验这个问题。

解决这个问题的关键是在同一个实验中直接操纵语用等级含义变量和语义变量(或其他语用变量)。我们预期,如果整合机制参与到语用等级含义加工,那么可以看到违反等级含义的句子和违反词汇选择性限制的句子在关键词上都会引起更大的N400效应;如果有其他认知机制参与非字面含义的理解,那么违反等级含义的句子可能不出现N400效应,而出现与重新分析或抑制过程相关的脑电活动。

在实验二 (Jiang, Li & Zhou, 2013) 中,我们保留了事件符合预期的语用不合理句和事件不符合预期的合理句,同时变化了句子的肯定与否定的极性,我们再次发现语用不合理句相比合理句在关键动词上引起更大的N400效应与晚期负活动,重复了实验一的发现。同时,我们进一步发现否定句相比肯定句也引起N400效应与晚期负活动,N400表明在反预期框架下,相比肯定句(连这么轻的声音他都能听清楚),否定句(连这么响的声音他都不能听清楚)在语义整合与会话含义推理上难度较大,这一结果提示语用等级含义加工和其他语用信息加工(否定)存在类似的神经机制。

3.3 推理机制如何参与等级含义加工过程?

语用等级含义的理解是否就是多个意义表征之间的简单选择和抑制?很明显,语用等级含义的加工可能涉及推理。虽然句子加工的研究提示,逻辑推理可能参与语用事件结构的加工;直接考察了信息充分性等级含义的研究也发现,推测他人意图的能力可以预测被试加工语用等级含义的神经活动 (Nieuwland et al., 2010), 但

这些研究都没有直接操纵等级含义推理的难度,没有考察可能导致某个区域或某个时间进程神经活动的梯度变化。

解决这个问题有两个关键:一是系统操纵等级含义推理的难度,在实验一中,我们直接比较了推理难度较低(例如“连那样的声音他都能听见”)和推理难度较大(“连那样响的声音他都能听见”)的实验条件。我们观察到相比合理句(“连那样轻的声音他都能听见”),存在推理难度的句子都会引起更大的晚期负活动,此外两种推理难度的句子在活动强度上体现出差异,表明推理机制参与等级含义加工。在实验三(Li, Jiang, Yu & Zhou, in press)中,我们采用功能磁共振成像的方法,采用和实验一相同的实验句子,发现相比合理句,等级含义违反的句子引起更强烈的左侧额下回和扣带回的激活,不明确句引起更强烈的内侧前额叶(Pylkkanen et al., 2004)和左侧颞顶联合区的激活;此外与违反句相关的神经活动强度和个体观点采择能力(Perspective Taking)成正相关,与不明确句相关的神经活动强度和个体想象能力(Fantasizing)成正相关,这些结果直接表明与推理有关的神经网络(和认知过程)参与到语用等级含义加工。

3.4 句子层面的语用等级含义加工如何受到其他语用变量的影响?

如前所述,句子加工的词汇主义模型认为在线的阅读理解过程是逐步累加的,读者能很快地利用词汇受到的各个层面的制约信息来建立句子表征(McDonald et al., 1994)。关于否定信息加工的已有研究表明,被试对由否定信息产生的世界知识错误不敏感(Fischler et al., 1983),但对由否定信息产生的赘述性含义敏感(Nieuwland & Kuperberg, 2008),这些结果暗示了不同语用信息加工机制之间可能存在功能上的优先性。我们通过实验二检验了语用等级含义加工与其他语用变量(例如否定)加工之间的相互作用机制。当动词嵌套在反预期等级含义结构中,句子的极性(肯定与否定)与语用合理性对应的神经活动在N400事件窗口上表现为交互作用的模式,只要动词违反了反预期等级含义,肯定句与否定句之间没有差异,但是在晚期负活动窗口上却表现为相加的模式。这个结果暗示语用等级含义加工与否定加工过程只在早期相互作用,在晚期彼此互不影响。这一结果在一定程度上与信息充分性等级含义的发现一致(Politzer-Ahles et al., 2013),该研究发现,词汇-图片背景整合与信息充分性等级含义加工的神经机制彼此独立。

4 总结

基于汉语信息充分性等级含义结构(“有的”)和反预期等级含义结构(“连……都”)的脑电与功能成像实验表明:1)在线句子理解过程中,结构中携带的语用规则(例如“事件可能性”)能被立即利用;2)语用等级含义加工和词汇语义加工具有相似又不同的神经基础,加工不符合语用规则的句子时,词汇与结构中携带语用规则整合难度增大,句子加工系统通过抑制不恰当的词汇或通过调整语用尺度对句子进行重新理解;3)语用等级含义加工和某些类型的语用信息加工(例如否定加工)具

有相似的神经机制,两者在词汇-语用规则整合阶段相互作用,在重新理解阶段没有相互作用;4)与个体推理能力相关的特质影响语用等级含义加工。

语用等级含义加工的认知机制存在争论,相关脑机制的研究匮乏,未来的研究将对对比不同类型的等级含义加工,并从个体语用推理能力、交际背景和语言外部线索(韵律、表情和姿势)如何影响语用等级含义加工等方面展开。

参考文献

-
- ❑ Baggio, G., van Lambalgen, M., & Hagoort, P. 2008. Computing and recomputing discourse models: An ERP study. *Journal of Memory and Language*, 59, 36-53.
 - ❑ Bonnefon, J-F., Feeney, A. & Villejoubert, G. 2009. When some is actually all: Scalar inferences in face-threatening contexts. *Cognition*, 112, 249-258.
 - ❑ Clark, H. 1985. Language use and language users. In G. Lindzey & E. Aronson (Eds.), *The Handbook of Social Psychology* (3rd ed., Vol.2). Reading, MA: Addison-Wesley. 179-232.
 - ❑ Fischler, I., Bloom, P. A., Childers, D. G., Roucos, S. E., & Perry, N. W. 1983. Brain potentials related to stages of sentence verification. *Psychophysiology*, 20, 400-409.
 - ❑ Hagoort, P., Hald, L., Bastiaansen, M. & Petersson, K. 2004. Integration of world meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, 304, 438-441.
 - ❑ Hald, L. A., Steenbeek-Planting, E. G. & Hagoort, P. 2007. The interaction of discourse context and world knowledge in online sentence comprehension. Evidence from the N400. *Brain Research*, 1146, 210-218.
 - ❑ Horn, L. 1976. *On the Semantic Properties of Logical Operators in English*. UCLA dissertation. Reprinted by Indiana University Linguistic Club.
 - ❑ Horn, L. 1989. *A Natural History of Negation*. Distributed by Center for the Study of Language and Information.
 - ❑ Holtgraves, T. & Han, T. 2007. A procedure for studying online conversational processing using a chat bot. *Behavior Research Methods*, 39, 156-163.
 - ❑ Holtgraves, T., Srull, T., & Socall, D. 1989. Conversation memory: The effects of speaker status on memory for the assertiveness of conversation remarks. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56, 149-160.
 - ❑ Jiang, X., Tan, Y., & Zhou, X. 2009. Processing the universal quantifier during sentence comprehension: ERP evidence. *Neuropsychologia*, 47, 1799-1851.
 - ❑ Jiang, X., Li, Y. & Zhou, X. 2013. Even a rich person can afford that luxurious house.

- ERP evidence on construction-based pragmatics during sentence comprehension. *Neuropsychologia*, 51, 1857-1866.
- ❑ Koornneef, A. & Van Berkum, J. 2006. On the use of verb-based implicit causality in sentence comprehension: Evidence from self-paced reading and eye tracking. *Journal of Memory and Language*, 54, 445-465.
 - ❑ Kutas, M. & Federmeier, K. D. 2000. Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 463-470.
 - ❑ Kutas, M. & Federmeier, K. D. 2011. Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 18, 621-647.
 - ❑ Levinson, S. 2000. *Presumptive Meanings: The Theory of Generalized Conversational Implicature*. Cambridge, MA: MIT Press.
 - ❑ Li, S., Jiang, X., Yu, H. & Zhou, X. (in press). Cognitive empathy modulates the processing of pragmatic constraints during sentence comprehension.
 - ❑ MacDonald, M., Pearlmutter, N. & Seidenberg, M. 1994. Lexical nature of syntactic ambiguity resolution. *Psychological Review*, 4, 676-703.
 - ❑ Nieuwland, M. S., Ditman, T., & Kuperberg, G. R. 2010. On the incrementality of pragmatic processing: An ERP investigation of informativeness and pragmatic abilities. *Journal of Memory and Language*, 63, 324-346.
 - ❑ Nieuwland, M. S., & Kuperberg, G. R. 2008. When the truth is not too hard to handle: An event-related potential study on the pragmatics of negation. *Psychological Science*, 19, 1213-1218.
 - ❑ Noveck, I. A. 2001. When children are more logical than adults: Experimental investigations of scalar implicature. *Cognition*, 78, 165-188.
 - ❑ Noveck, I. & Posada, A. 2003. Characterizing the time course of an implicature: An evoked potential study. *Brain and Language*, 85, 203-210.
 - ❑ Pijnacker, J., Geurts, B., van Lambalgen, M., Buitelaar, J. & Hagoort, P. 2010. Reasoning with exceptions: An event-related brain potentials study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 471-480.
 - ❑ Politzer-Ahles, S., Fiorentino, R., Jiang, X. & Zhou, X. 2013. Distinct neural correlates for pragmatic and semantic meaning processing: An event-related potential investigation of scalar implicature processing using picture-sentence verification. *Brain Research*, 1490, 134-152.
 - ❑ Pylkkänen, L., Brennan, J. & Bemis, D. 2010. Grounding the cognitive neuroscience of semantics in linguistic theory. *Language and Cognitive Processes*, 26, 1317-1337.
 - ❑ Pylkkänen, L., Feintuch, S., Hopkins, E., & Marantz, A. 2004. Neural correlates of the effects of morphological family frequency and family size: An MEG study. *Cognition*,

91, 35-45.

- ❑ Schiller, N., Horemans, I., Ganuschchak, L. & Koester, D. 2009. Event-related brain potentials during the monitoring of speech errors. *NeuroImage*, 44, 520-530.
- ❑ Tesink, C., Petersson, K., Van Berkum, J., Van den Brink, D., Buitelaar, J., & Hagoort, P. 2009. Unification of speaker and meaning in language comprehension: An fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 2085-2099.
- ❑ Van Berkum, J. 2009. The neuropragmatics of “simple” utterance comprehension: An ERP review. In U. Sauerland, & K. Yatsushiro (Eds.), *Semantics and Pragmatics: From Experiment to Theory*. Basingstoke: Palgrave Macmillan. 276-316.
- ❑ Van Berkum, J., Holleman, B., Nieuwland, M., Otten, M. & Murre, J. 2009. Right or wrong? The brain’s fast response to morally objectionable statements. *Psychological Science*, 20, 1092-1099.
- ❑ Van Berkum, J., Koornneef, A., Otten, M., & Nieuwland, M. 2007. Establishing reference in language comprehension: An electrophysiological perspective. *Brain Research*, 1146, 158-171.
- ❑ Van Berkum, J., Van den Brink, D., Tesink, C., Kos, M., & Hagoort, P. 2008. The neural integration of speaker and message. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 580-591.
- ❑ Vissers, C., Kolk, H., Meerendonk, N. & Chwilla, D. 2008. Monitoring in language perception: Evidence from ERPs in a picture-sentence matching task. *Neuropsychologia*, 46, 967-982.
- ❑ Ye, Z. & Zhou, X. 2008. Involvement of cognitive control in sentence comprehension: Evidence from ERPs. *Brain Research*, 1203, 103-115.
- ❑ Ye, Z. & Zhou, X. 2009. Executive control in language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 1168-1177.
- ❑ 袁毓林, 2006, 《论“连”字句的主观化表达功能——兼论几种相关的“反预期”和“解-反预期”格式》, 日本《中国语学》(253): 117-137。

通信地址: 蒋晓明 100871 北京大学心理系

电子信箱: xmjiang1983@gmail.com

通信地址: 周晓林 100871 北京大学心理系

电子信箱: xz104@pku.edu.cn

Neural and Cognitive Processes Underlying the Processing of Scalar Implicature

Abstract: One of the key aspects in verbal communication is how the hearer makes

pragmatic inference beyond the literal meaning of an utterance. The interpretation of scalar implicature relies on the successful interpretation of words or phrases which imply a pragmatic scale. This article reviews cognitive and neuroimaging studies on scalar implicature processing. Future research questions have been explored concerning 1) the common and differential neural mechanisms for the scalar implicature and lexico-semantic processing, and for the scalar implicature and other pragmatic information processing; 2) the involvement of inferential and mentalizing neural networks in processing scalar implicature; 3) the interplay between different sources of pragmatic information and the underlying neural mechanisms.

Keywords: scalar implicature; pragmatics; cognitive process; neural mechanisms