

汉语句子理解中物体隐含颜色心理模拟的 ERPs 研究*

李莹** 商玲玲

(郑州大学教育系, 郑州, 450001)

摘要 当前研究采用事件相关电位(ERPs)技术,同时沿用经典的句图匹配范式,考察句子理解中物体典型颜色与非典型颜色的心理加工过程在脑电活动上的反映。实验中被试先阅读句子再判断句子后呈现的图片物体是否在句子中出现过,句子中隐含的物体颜色或是关键物体的典型颜色或是非典型颜色。实验结果发现,典型颜色句子版本下句图不匹配条件比句图匹配条件引发了更大的N400效应;而非典型颜色句子版本下两者N400差异不显著。研究结果表明,人们在汉语句子理解过程中会实时对隐含的物体颜色信息进行心理模拟。并且,句子隐含物体颜色的典型性是造成匹配易化或不匹配易化的关键因素之一。

关键词 具身认知 心理模拟 汉语句子理解 颜色典型性 ERPs

1 引言

知识表征一直是认知心理学关注的重要研究内容。第一代认知科学认为知识表征是命题式的,与外界具体事物和身体经验没有直接联系(韩冬,叶浩生,2013)。由体验哲学发展而来的具身认知理论作为第二代认知科学的代表,强调身体经验在认知过程中的重要作用(叶浩生,2011)。其中,知觉符号系统理论更为具体的提出,构成认知的材料是具体形象的知觉符号,认知过程就是大脑对外界事物进行多模态的心理模拟并形成知觉表征的过程(谢久书等,2011;Barsalou,1999)。由于思维与语言的密切联系,相继有一系列实验从物体形状、方位、动作等属性上验证语言理解中心理模拟的存在。实验中被试先阅读隐含物体属性的句子再进行图片判断,结果发现即使实验任务不涉及物体属性,图片与句子隐含物体属性是否一致仍会影响图片判断,从而表明读者会自动激活物体属性的知觉表征,并影响相关认知加工(李莹,王瑞明,莫雷,2005;莫雷,伍丽梅,王瑞明,2006;Kaschak et al., 2005; Stanfield & Zwaan, 2001; Zwaan, Stanfield, & Yaxley, 2002; Zwaan & Yaxley, 2004)。

然而,近期有关语言理解中隐含物体颜色信息的实验研究却没有得到较为一致的结果。一些研究

发现,语言理解中存在物体隐含颜色的心理模拟。如Bramão, Faísca, Petersson 和 Reis (2010)发现,被试阅读苹果图片后对词语樱桃比对词语蓝莓识别更快,表明颜色知觉会影响言语理解。Richter 和 Zwaan (2009)要求被试判断颜色词之后的色块与颜色词是否一致,结果发现,颜色词与色块一致时判断更快,表明颜色词加工会影响颜色知觉判断。而另一些实验却没能得到支持性的结果。如Connell (2007)采用句图匹配范式发现,当图片中物体颜色与句子隐含物体颜色不匹配时被试反应更快,未能证明句子理解中存在颜色信息的心理模拟。张常青、王瑞明、谢久书和孙逊(2013)从颜色信息是否显性检验颜色概念的心理模拟。研究中的显性颜色概念为颜色词,隐性颜色概念为隐含颜色的物体词,结果表明外显颜色概念的表征是知觉性的,而隐性颜色概念表征是命题性的。

当前研究认为,导致实验结果出现分歧的一个可能因素是物体颜色属性本身具有特殊性。早期的物体识别理论提出颜色与物体的对应程度往往是不稳定的,更易受到其它因素影响(Biederman, 1987)。日常生活中大量事物的颜色并非唯一确定,既具有典型颜色即在人们的知识经验中最具代表性的颜色,也具有非典型颜色即虽不具有代表性

* 本研究得到教育部人文社科研究青年基金项目(13YJC190014)和河南省哲学社会科学规划项目(2015CYY023, 2016CYY027)的资助。

** 通讯作者:李莹。E-mail: liying@zzu.edu.cn

DOI:10.16719/j.cnki.1671-6981.20170105

但同样存在于心理表征中的颜色。如“番茄”的典型颜色是红色,非典型颜色是绿色。实证研究也发现物体颜色的典型性直接影响物体感知判断。典型颜色总能伴随物体概念激活而被自动激活,并影响非典型颜色的判断(Bramão, Reis, Petersson, & Faísca, 2011; Tanaka & Presnell, 1999)。也就是说,当语言理解中涉及的物体颜色与人们头脑中存储的物体颜色不一致时,典型颜色的心理表征与颜色语义会产生交互作用。而先前研究对所涉及的物体颜色典型性并没有严格控制。例如,Connell的实验中提到“橱窗中/盘子里的牛排”,其中“牛排”的典型颜色红色是否会影响非典型颜色褐色的加工从而影响实验结果。张常青等实验中采用的物体词也未明确区分概念隐含的典型颜色和非典型颜色。因此,物体典型颜色对于语言理解中隐含颜色心理模拟的潜在影响需要进一步的考察。

其次,采用行为学指标尤其是延时的图片判断反映实时的语义加工过程存在不可避免的问题,如无法排除不同实验条件下图片反应时的差异是否源于实验任务所引发的被试反应策略。与此相比,脑电事件相关电位(ERPs)通过记录读者理解句子和图片时的脑电生理变化,其高时间分辨率有助于明确不同加工阶段的即时反应。其中,N400作为研究语义加工中最常用的ERPs指标之一,可从其振幅、潜伏期及头皮分布特征等维度反映语义整合的难度(Kutas & Hillyard, 1980)。Coppen, Gootjes 和 Zwaan (2012)的ERP实验发现当图片与之后句子中隐含物体形状不一致时引发更显著的N400效应,进一步从电生理角度证实了语言理解与感知觉经验之间的互通。

基于以上思考,当前研究采用句图匹配范式结合ERPs技术考察汉语句子理解中物体隐含颜色信息的心理模拟,以及物体颜色典型性对心理模拟的影响。研究假设,典型颜色作为物体心理表征中的优势属性会自动激活并影响句子的加工。当句子隐含的是物体的非典型颜色时,典型颜色与非典型颜色会同时得到激活,并且均会对之后的图片判断任务产生影响。物体颜色知觉表征与颜色语义加工的交互作用会反映在对图片判断的行为反应,以及相应的脑电生理变化上。

2 研究方法

2.1 被试

19~22周岁的大学生被试20名,视力或矫正视力、色觉以及阅读能力正常,无身心疾病或脑外伤史。实验前告知被试实验对身体健康无危害性及实验获益,并请被试签署知情同意书,实验结束后给予一定报酬。

2.2 实验材料

选取44个包含两种常见颜色的关键物体,一部分沿用Connell和Lynott(2009)实验中的物体名称,另一部分为新编物体名称。共编写44个实验句子对和44个实验图片对。句子字数为8到16,平均12字。关键物体词在不同句子中出现的位置一半在句中,一半在句尾。实验图片来源于网络,使用Adobe Photoshop统一图片像素并调整图片颜色。图片前景为彩色物体,背景为白色。另包括44个填充句子和44张填充图片,填充句子与实验句子长度和句式予以平衡,但填充图片中的物体在填充句中均未出现。实验材料举例见表1。

表1 实验材料举例

句子材料	图片	实验条件
在原始丛林里可能会遇见熊。		典型匹配
在原始丛林里可能会遇见熊。		典型不匹配
在寒冷的北极可能会遇见熊。		非典型匹配
在寒冷的北极可能会遇见熊。		非典型不匹配
填充材料 吃人的鲨鱼令人心生敬畏。		——

选取30名不参加正式实验的被试进行实验材料评定。评定内容包括:(1)对关键物体的熟悉程度进行1~5级评定,选取熟悉度达到4以上的实验材料;(2)指出物体两种颜色中的典型颜色,选取被选择为典型颜色的被试概率达到80%以上的实验材料;(3)对句子与图片的匹配关系进行评定,要求被试在两张图片中选择更适合句子所描述物体颜色的一张,选取匹配句图的选择率达80%以上的实验材料。最终进入正式实验的44对实验句子与图片均符合评定要求。

2.3 实验设计与程序

2×2两因素被试内设计,实验自变量是句子隐含物体颜色的典型性(典型颜色与非典型颜色)和句图中物体颜色是否匹配(句图匹配与句图不匹配)。

因变量是被试对图片判断的反应时和图片判断的脑电活动。

实验前指导被试在实验中尽量减少头部和眼球运动，减少眨眼和吞咽，避免抖腿等无意义动作。为确保被试同一时间只加工句子材料的单个词语，同时减少水平眼动和头动，实验中所有句子逐词呈现，每句以句号结尾。实验开始时屏幕中央首先出现红色“+”1000ms 提醒被试集中注意。“+”消失后逐词呈现句子，每词呈现 500ms，两词间有 400ms 空屏。被试只需认真阅读而不做任何反应。句子结束后呈现红色“+”500ms，注视点消失后呈现图片 1000ms。图片消失后呈现“???”，要求被试快速准确地判断之前阅读的句子是否提到图片物体，提到过按“4”，没有提到过按“6”。正式实验前的练习实验达到百分百正确率后进入正式实验，计算机自动记录被试的脑电活动以及图片反应时与正确率（实验流程见图 1）。

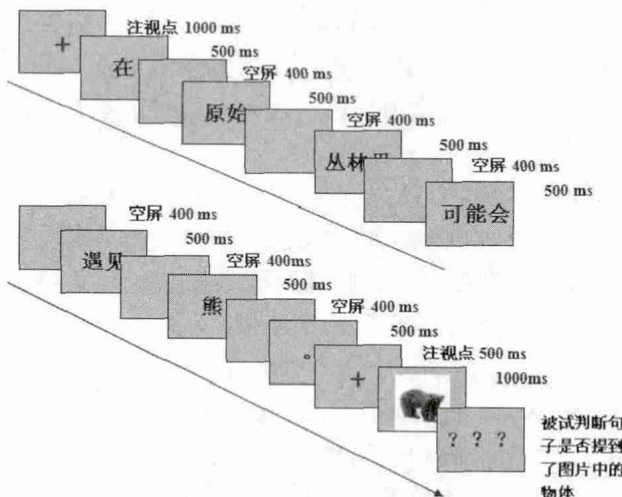


图 1 实验流程

2.4 ERPs 记录及分析

2.4.1 ERPs 记录

E-Prime 2.0 编写实验程序并在 ERP 实验室完成。采用方屏显示器呈现实验程序，九格数字键盘进行反应。采用 NeuroScan 脑电仪与 Curry 7 软件进行脑电信号采集，并由 SynAmpus 2 放大器按照 10/20 的原理进行放大。脑电信号由 32 导弹性电极帽采集，眼电由四个额外的活动电极采集：被试眼睛外侧靠近太阳穴下方安放两个双极电极检测水平

眼电（HEOG），被试右眼下方和眉毛上方安放两个双极电极检测垂直眼电（VEOG）。采集信号时以右侧乳突（M2）作为参考电极，离线分析时再转换为双侧乳突的平均为参考（M1/2）。所有电极与头皮接触点的阻抗均小于 5k Ω ，信号的采样率为 1000Hz，AC 模式。

2.4.2 ERPs 分析

实验完成后对每个被试的原始数据逐个分析。离线再参考为 M1/2，滤波范围 0~30Hz，去眼电时间段为 ± 200 ms，幅值为 -200-0 μ V；尾迹时间段 -200 到 500ms，幅值范围是 $\pm 80\mu$ V。经过上述操作后查看有效分段数量，要求去除的段数不超过总数的 10%（4 段），否则该被试数据无效。叠加的时间窗为图片呈现前 200ms 到呈现后 1000ms。根据前人研究，输出 300~500 毫秒时间间隔内的平均幅值作为 N400 的平均幅值用于进一步的统计分析。采用 SPSS 18.0 对行为反应时以及 N400 的平均幅值进行重复测量方差分析，所有主效应和交互作用的 p 值采用 Greenhouse-Geisser 算法进行校正。

3 结果

3.1 行为学结果分析

对所有被试图片判断的正确率进行统计，删除正确率低于 90% 的被试数据。然后对单个被试的脑电数据进行滤波去尾迹等操作，剔除去除的段数超过总数的 10%（4 段）的被试数据，最后得到 20 名有效被试的数据。有效被试的图片判断反应时结果见表 2。

对不同条件下被试图片判断反应时进行两因素重复测量方差分析。结果发现，句子隐含物体颜色典型性的主效应显著， $F(1, 19) = 7.65, p = .01, \eta^2_p = .29$ ，典型颜色句子版本下被试对图片的判断快于非典型颜色句子版本；句图匹配状态的主效应显著， $F(1, 19) = 11.79, p = .00, \eta^2_p = .38$ ，匹配状态下被试对图片的判断快于不匹配状态；句子颜色版本与句图匹配状态的交互作用不显著， $F(1, 19) = .46, p = .51$ 。

3.2 ERPs 结果分析

挑选 25 个主要电极参与分析，包括 F7，F3，

表 2 不同实验条件下被试对图片判断的反应时和标准差（ms）

	句图匹配	句图不匹配
典型颜色句子	568.02 \pm 281.08	619.88 \pm 272.79
非典型颜色句子	607.76 \pm 300.50	645.22 \pm 304.73

FZ, F4, F8, FT7, FC3, FCZ, FC4, FT8, T7, C3, CZ, C4, T8, TP7, CP3, CPZ, CP4, TP8, P7, P3, PZ, P4, P8。以 F3 电极为例, 图 2 中的虚线代表句图匹配条件, 实线代表句图不匹配条件。左右图分别是典型颜色句子版本和非典型颜色句子版本中, 句图匹配与句图不匹配条件下图片呈现前 200ms 至图片呈现 1000ms

窗口的 ERPs 成分对比图。由图可见, 典型颜色句子版本下句图不匹配条件相对于句图匹配条件引发了更大的 N400; 而非典型颜色句子版本下句图不匹配与句图匹配条件下引发的 N400 差异不明显。

为更清楚探讨典型颜色与非典型颜色版本中, 匹配与不匹配条件的 N400 效应脑区而非单个电极,

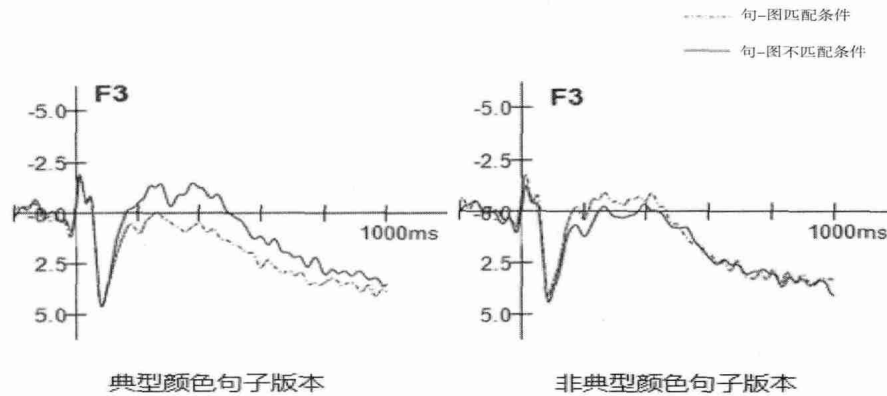


图 2 典型和非典型颜色句子版本中句图匹配与不匹配条件的 ERP 波形对比 (以 F3 为例)

参考 Coppens, Gootjes 和 Zwaan (2012) 的分析方法, 将 25 个电极按照从前到后划分为 5 个脑区, 从左到右划分为 5 个偏侧区。分别在典型颜色和非典型颜色句子版本下进行 2 (匹配状态) $\times 5$ (前后脑区) $\times 5$ (左右脑区) 重复测量方差分析。匹配状态包括匹配和不匹配两个水平; 前后脑区包括前额叶, 中央额叶, 中央, 中央顶叶和顶叶; 左右脑区包括左侧额叶, 左侧, 中间, 右侧和右侧额叶。

3.2.1 典型颜色句子版本的脑电分析

典型颜色句子版本下, 不同电极匹配与不匹配条件的平均 ERP 波形对比见图 3, 对整体进行 $2 \times 5 \times 5$ 重复测量方差分析。结果显示, 匹配状态的主效应显著 ($F = 9.41, p = .006, \eta^2 = .33$), 句图不匹配 ($0.501 \mu V$) 比句图匹配 ($0.629 \mu V$) 的 N400 更负; 前后脑区的主效应显著 ($F = 6.28, p = .018, \eta^2 = .25$), 多重比较结果显示前额叶 ($-0.921 \mu V$)、中央额叶 ($-0.258 \mu V$)、中央 ($0.754 \mu V$) 和中央顶叶 ($1.618 \mu V$) 的幅值依次变大, 且两两之间差异显著, 前额叶比顶叶 ($1.634 \mu V$) 更负, 中央额叶, 中央, 中央顶叶与顶叶的 N400 幅值差异不显著; 左右脑区的主效应显著 ($F = 20.07, p = .000, \eta^2 = .51$), 左侧额叶 ($-1.737 \mu V$) 比左侧 ($2.005 \mu V$), 中间 ($1.472 \mu V$) 比右侧 ($2.169 \mu V$) 更负, 右侧额叶 ($-1.082 \mu V$) 比左侧、中间和右侧更负; 匹配状态与前后脑区的交互作用不显著 ($F = 3.93, p = .055$); 匹配状态与左右脑区的交互作用

显著 ($F = 8.11, p = .001, \eta^2 = .30$); 前后脑区与左右脑区的交互作用显著 ($F = 5.28, p = .002, \eta^2 = .22$); 匹配状态与前后脑区和左右脑区的交互作用不显著 ($F = 1.20, p = .314$)。

由于匹配状态与左右脑区的交互作用显著, 对匹配状态在左右脑区的分布进行简单效应分析, 以进一步了解匹配效应的脑区分布。结果显示, 左侧、中间和右侧额叶的匹配效应显著: 左侧 ($F = 10.52, p = .004, \eta^2 = .36$), 中间 ($F = 11.66, p = .003, \eta^2 = .38$), 右侧额叶 ($F = 12.529, p = .002, \eta^2 = .40$)。但与左侧和中间额叶所发现的不匹配条件比匹配条件引发更负的 N400 结果不同, 右侧额叶表现为匹配条件 ($-1.58 \mu V$) 比不匹配条件 ($-0.58 \mu V$) 的脑电活动更负。

3.2.2 非典型颜色句子版本的脑电分析

非典型颜色句子版本下, 不同电极匹配与不匹配条件的平均 ERP 波形对比见图 4, 对整体进行 $2 \times 5 \times 5$ 重复测量方差分析。结果显示, 匹配状态的主效应不显著 ($F = 1.16, p = .294$); 前后脑区的主效应显著 ($F = 5.70, p = .023, \eta^2 = .23$), 多重比较结果显示前额叶 ($-0.921 \mu V$) 比中央额叶 ($-0.296 \mu V$)、中央 ($0.650 \mu V$)、中央顶叶 ($1.506 \mu V$) 和顶叶 ($1.590 \mu V$) 的 N400 幅值更负, 中央额叶比中央、中央顶叶和顶叶的幅值更负, 中央比中央顶叶和顶叶的幅值更负; 左右脑区的主效应显著 ($F = 17.45, p = .000, \eta^2 = .48$), 多重比较结果显示左

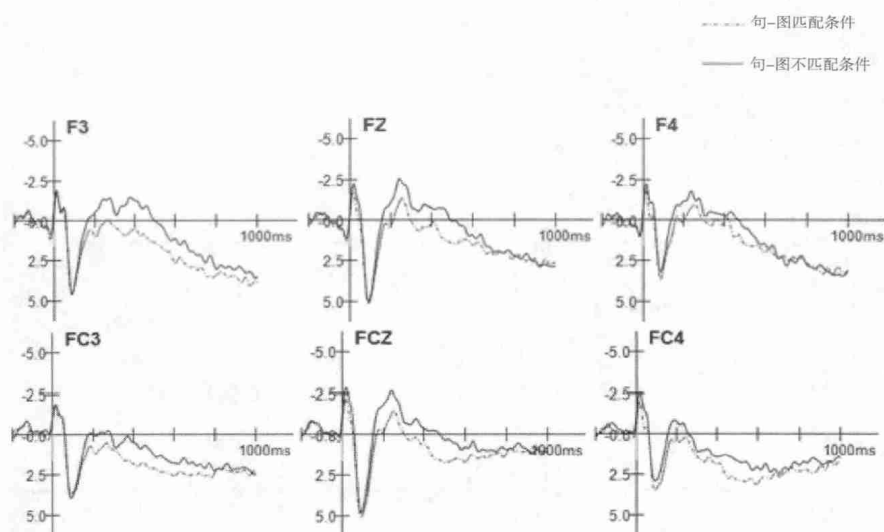


图3 典型颜色句子版本下不同电极句图匹配与句图不匹配条件的 ERP 波形对比

侧颞叶 ($-1.585 \mu\text{V}$) 比左侧 ($1.861 \mu\text{V}$)、中间 ($1.270 \mu\text{V}$) 和右侧 ($2.021 \mu\text{V}$) 更负, 右侧颞叶 ($-1.038 \mu\text{V}$) 比左侧、中间和右侧更负, 中间比右侧更负; 匹配状态与前后脑区的交互作用不显著 ($F = 0.15, p = .746$); 匹配状态与左右脑区的交互作用不显著 ($F = 2.59, p = .089$); 前后脑区与左右脑区的交互作用显著 ($F = 5.00, p = .003, \eta^2_p = 0.21$); 匹配状态与前后脑区和左右脑区的交互作用显著 ($F = 4.40, p = .002, \eta^2_p = .19$)。由于匹配状态与前后脑区和左右脑区三者的交互作用显著, 对匹配状态在前后脑区和左右脑区的分布进行简单效应分析。结果发现, 在 F7 电极上, 匹配条件 ($-3.073 \mu\text{V}$) 比不匹配条件 ($-2.043 \mu\text{V}$) 引发了更负的 N400; 在 F8 电极上, 不匹配条件 ($-2.330 \mu\text{V}$) 比匹配条件 ($-1.043 \mu\text{V}$) 引发了更负的 N400; 在 FT8 电极上, 不匹配条件 ($-1.761 \mu\text{V}$) 比匹配条件 ($-1.089 \mu\text{V}$) 引发了更负的 N400。

4 讨论

当前研究采用句图匹配范式并结合 ERPs 技术, 考察汉语句子理解过程中隐含物体颜色信息的心理加工过程与神经机制。实验结果发现, 当读者理解句子中的物体概念时, 会自动激活头脑中有关该物体颜色信息的心理表征。并且, 物体典型颜色会始终保存在物体概念表征中并对涉及物体概念的语义加工产生影响。当语言理解中涉及的颜色信息与人们头脑中存储的物体典型颜色不一致时, 物体颜色的知觉表征与句义激活的颜色信息会产生交互作用, 共同作用于语义加工与相关的认知加工中。研究结果

支持了知觉符号系统有关语言理解中心理模拟的假设, 并进一步证明物体典型颜色的知觉表征是造成以往研究出现匹配易化或不匹配易化的关键因素之一。

实验发现, 当图片物体颜色与句子隐含物体颜色匹配时, 被试对图片的判断更快; 并且, 当阅读隐含物体典型颜色的句子后, 对图片的判断快于阅读隐含物体非典型颜色后的图片判断。行为学结果说明, 句子理解过程中读者会实时对句中提及的物体及其隐含的颜色属性进行加工, 并且句子中隐含的物体颜色是否是物体的典型颜色会对被试的句子理解产生影响。由于物体的典型颜色在读者的心理表征中占有优势, 句子涉及物体概念的典型颜色会第一时间得到激活。而非典型颜色是在整个句义整合时才能激活的物体属性。因此, 对于典型颜色的语义加工和相关的图片判断总是快于非典型颜色的加工。

除了行为学结果, ERP 结果发现在典型颜色句子版本中, 句图不匹配条件下图片判断引发的 N400 波幅显著大于句图匹配条件时图片引发的 N400; 与此不同, 非典型颜色句子版本中, 句图匹配条件与句图不匹配条件下图片判断引发的 N400 没有显著差异。首先, 典型颜色句子版本中不匹配条件引发更大的 N400 与行为学结果一致, 支持了知觉符号系统对语言理解的假设。当句子隐含物体的典型颜色时, 语义信息所描述的物体颜色与人们一般知识经验中的物体颜色一致。因此, 当句子之后呈现的图片物体颜色与句子涉及的物体颜色不一致时产生了明显的语义冲突, 使得语义加工难度增大, 从而反映在对语义整合难度敏感的 N400 指标上。

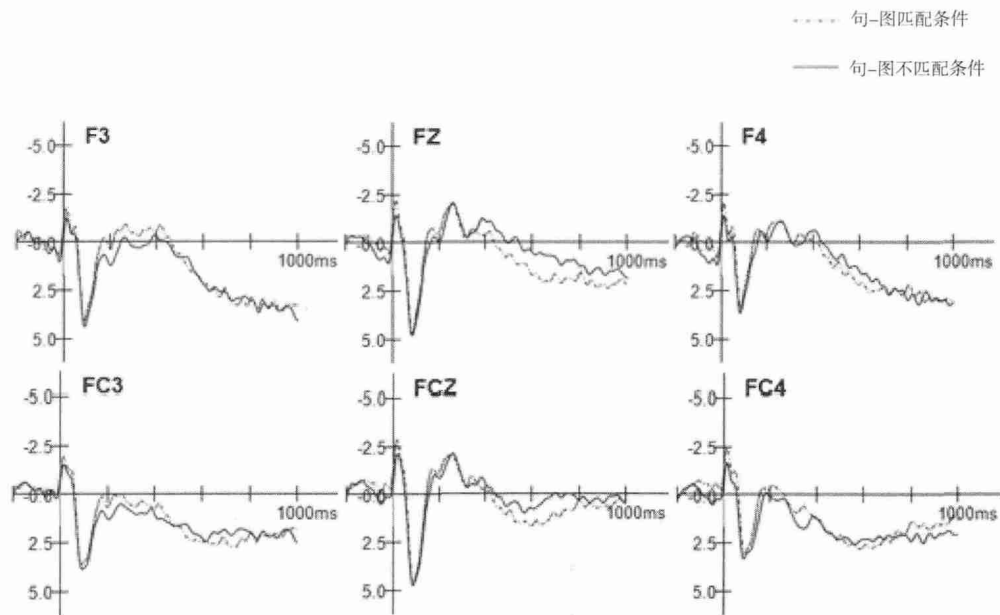


图4 非典型颜色句子版本下不同电极句图匹配与句图不匹配条件的ERP波形对比

其次,非典型颜色句子版本的脑电活动进一步表明,颜色典型性会影响读者对物体概念进行心理模拟时所激活的具体颜色表征,一定程度上解释了先前颜色语义心理模拟研究未能发现匹配易化效应的原因。当句子隐含物体的非典型颜色时,语义涉及的物体颜色与被试头脑中存储的物体概念的典型颜色心理表征不同。读者不但会激活与语境相符的物体非典型颜色,始终保持在心理表征中的典型颜色也会自动激活。虽然匹配条件下图片与句子隐含的物体颜色一致,却与自动激活的典型颜色不匹配,因此匹配条件也会产生一定的语义冲突,从而导致匹配与不匹配条件下图片判断引发的N400差异不显著。先前也有研究证实,语言理解中物体的颜色知觉信息和颜色语义加工两者之间存在交互作用。例如,Lu等(2010)发现,物体的颜色知觉表征在物体识别的早期阶段就有参与,并且颜色知觉表征与概念语义表征之间存在交互作用。Connell和Lynott(2009)发现,被试阅读隐含熊的典型颜色棕色的句子后对棕色词比白色词识别更快,而阅读隐含非典型颜色白色的句子后对两种颜色词的识别没有差异,即加工非典型颜色的句子时会同时激活物体的典型颜色。李莹、张莹和刘俊(2016)发现,即使缺乏句子语境支持,物体的诊断性颜色即与物体概念联系最为紧密的颜色表征仍会自动激活并影响句子加工。

当前研究的另一发现是,行为学结果中非典型颜色句子版本下匹配图片判断快于不匹配图片,但两种实验条件的N400差异并不显著。行为学结果

与脑电活动结果的分离与实验任务的设置和不同方法所采集的指标差异有关,表明在行为学方法基础上采用脑成像技术考察脑生理指标,有助于发现行为学方法所无法探测的即时心理加工过程,从而更加准确的解释外在行为产生的内在因素。实验主要分析的脑电时间窗为图片呈现的300~500ms之间,因此脑电结果是即时的脑生理活动。此时,非典型颜色句子中所激活的典型颜色在早期加工阶段对图片判断产生影响。Lu等人2010的实验通过分析早期ERP成分也发现,物体典型颜色知识表征对物体识别的影响主要发生在早期阶段。与ERP结果相比,实验任务是图片呈现(1000ms)后再做判断,因此行为反应时是滞后的。由于自动激活的典型颜色并不符合句义,句义得到整合后典型颜色的影响会逐渐被符合句义的非典型颜色所抑制,从而导致延时行为反应中句图匹配的判断快于不匹配条件。与当前研究的行为学结果一致,张盼和鲁忠义(2013)在句子理解晚期(句图间隔1500ms)也发现了匹配易化效应。研究认为,句子理解晚期句中颜色信息被占用的神经元会被释放,此时颜色表征的知觉信息与图片知觉任务不再冲突,从而使得被试对匹配图片的判断更容易。

此外,通过将所有电极划分为几个不同区域进行分析,研究进一步发现大脑活动分布的一些特点。首先,当句子理解涉及物体颜色加工时,左侧额叶区包括前额叶和中央额叶部位引发明显的N400。由于额叶区不是颜色知觉的经典脑区,说明颜色视知觉与颜色

意义理解所激活的脑区并不完全重叠 (Chao & Martin, 1999)。其次, 左侧额叶区显著的脑电活动差异再次验证了语义加工主要涉及大脑左半球尤其是额叶区的参与 (朱祖德, 王穗苹, 冯刚毅, 刘颖, 2011)。

5 结论

当前研究采用句图匹配范式并结合 ERPs 技术, 考察了人们在汉语句子理解时对隐含的物体颜色信息的心理模拟, 以及物体典型颜色对于心理模拟过程的影响。实验结果表明, 当句子隐含物体的颜色信息时, 读者不但会激活与句子意义相符合的特定颜色信息, 同时储存在头脑中的物体典型颜色知觉表征也会被自动激活, 并影响句子理解与相关认知判断。研究在支持知觉符号理论的基础上提出, 句子理解中物体典型颜色的知觉表征与颜色语义加工存在交互作用, 从而对语言理解中的心理模拟过程进一步深入和具体化。

参考文献

- 韩冬, 叶浩生. (2013). 认知的身体依赖性: 从符号加工到具身认知. *心理学探新*, 33(4), 291-296.
- 李莹, 王瑞明, 莫雷. (2005). 物体隐含的形状信息对图片再认的影响. *心理科学*, 28(3), 588-590.
- 李莹, 张莹, 刘俊. (2016). 语境与颜色诊断性对句子理解中物体隐含颜色知觉模拟的影响. *心理发展与教育*, 32(1), 33-40.
- 莫雷, 伍丽梅, 王瑞明. (2006). 物体的空间关系对语义相关判断的影响. *心理科学*, 29(4), 770-773.
- 谢久书, 张常青, 王瑞明, 陆直. (2011). 知觉符号理论及其研究范式. *心理科学进展*, 19(9), 1293-1305.
- 叶浩生. (2011). 西方心理学中的具身认知研究思潮. *华中师范大学学报 (人文社会科学版)*, 50(4), 153-160.
- 张常青, 王瑞明, 谢久书, 孙逊. (2013). 颜色概念的知觉符号表征与命题符号表征. *心理与行为研究*, 11(4), 463-469.
- 张盼, 鲁忠义. (2013). 句子理解中颜色信息的心理表征. *心理学报*, 45(4), 406-415.
- 朱祖德, 王穗苹, 冯刚毅, 刘颖. (2011). 左侧额下回在句子语义整合加工中的作用. *心理科学进展*, 19(8), 1147-1157.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 577-660.
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94(2), 115-147.
- Bramão, I., Faísca, L., Petersson, K. M., & Reis, A. (2010). The influence of surface color information and color knowledge information in object recognition. *The American Journal of Psychology*, 123(4), 437-446.
- Bramão, I., Reis, A., Petersson, K. M., & Faísca, L. (2011). The role of color information on object recognition: A review and meta-analysis. *Acta Psychologica*, 138(1), 244-253.
- Chao, L. L., & Martin, A. (1999). Cortical regions associated with perceiving, naming, and knowing about colors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(1), 25-35.
- Connell, L. (2007). Representing object colour in language comprehension. *Cognition*, 102(3), 476-485.
- Connell, L., & Lynott, D. (2009). Is a bear white in the woods? Parallel representation of implied object color during language comprehension. *Psychonomic Bulletin and Review*, 16(3), 573-577.
- Coppens, L. C., Gootjes, L., & Zwaan, R. A. (2012). Incidental picture exposure affects later reading: Evidence from the N400. *Brain and Language*, 122(1), 64-69.
- Kaschak, M. P., Madden, C. J., Theriault, D. J., Yaxley, R. H., Aveyard, M., Blanchard, A. A., & Zwaan, R. A. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, 94(3), B79-B89.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11(2), 99-116.
- Lu, A. T., Xu, G. P., Jin, H., Mo, L., Zhang, J. J., & Zhang, J. X. (2010). Electrophysiological evidence for effects of color knowledge in object recognition. *Neuroscience Letters*, 469(3), 405-410.
- Richter, T., & Zwaan, R. A. (2009). Process of color words activates color representation. *Cognition*, 111(3), 383-389.
- Stanfield, R. A., & Zwaan, R. A. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological Science*, 12(2), 153-156.
- Tanaka, J. W., & Presnell, L. M. (1999). Color diagnosticity in object recognition. *Perception and Psychophysics*, 61(6), 1140-1153.
- Zwaan, R. A., Stanfield, R. A. & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science*, 13(2), 168-171.
- Zwaan, R. A., & Yaxley, R. H. (2004). Lateralization of object-shape information in semantic processing. *Cognition*, 94(2), B35-B43.

An ERPs Study on the Mental Simulation of Implied Object Color Information during Chinese Sentence Comprehension

Li Ying, Shang Lingling

(Department of Education, Zhengzhou University, Zhengzhou, 450001)

Abstract Embodied cognition theory assumes that during sentence comprehension, readers would activate the perceptual mental representation of what they read, such as object shape, orientation etc. Some of previous studies that include implicit object color information in language comprehension support the hypothesis of embodied cognition theory, while others do not. The current research intended to investigate mental simulation of implied object color during sentence reading, in which the prototypicality of object color was considered.

The current experiment is a 2×2 two factors within-subjects design. One of the independent variables is the object color implied in the sentence (the typical color or atypical color of the object); the other is sentence-picture matching condition (match or mismatch). The dependent variables are the reaction times and the brain electrical activities (N400 as index) when participants judge pictures after reading sentences. During the experiment, participants first read sentences implying a typical or atypical color of an object and then watched the pictures. They were asked to judge whether the object in the picture was mentioned in previous sentences.

All of the subjects' reaction times were analyzed using 2×2 repeated measures ANOVAs. The result showed that reaction times for the pictures after reading sentences implying a typical color of objects were faster than for those after reading sentences implying an atypical color. The reaction times for pictures in matched condition were faster than for those in mismatched condition. After all, the interaction effect between two factors was not significant. Besides their behavioral results, the subjects' ERPs data were analyzed using 2×5×5 repeated measures ANOVAs separately in both cases of typical color sentence and atypical color sentence readings. Analyzing factors were sentence-picture matching condition (match or mismatch), brain posteriority (frontal, fronto-central, central, centro-parietal, parietal), and hemisphere laterality (left temporal, left, midline, right, right temporal). The results showed that, after reading sentences implying a typical color, the peaks of N400 elicited in the mismatch condition were more negative compared with the match condition. On the contrary, after reading sentences implying an atypical color, the peaks of N400 elicited between the match condition and mismatch conditions were similar.

Both the behavioral results and the ERP findings together suggested that, readers did activate perceptual mental representation of objects and their properties during sentence comprehension, even characters of objects were not directly mentioned. More importantly, the prototypicality of object color implied in the sentence had influence on the specific activation of the object color representation. When reading sentences implying objects' atypical colors, mental representation of both typical and atypical color were activated, therefore there were different impacts on the sentence comprehension and other related cognitive processing.

Key words embodied cognition, mental simulation, chinese sentence comprehension, color prototypicality, event-related potentials