

义符在汉语词汇抽象语义分类中的作用机制*

王 斌¹, 晏 芹², 张积家³

(1. 江苏师范大学教育科学学院, 徐州 221116; 2. 南京审计大学心理健康教育教学部, 南京 211815; 3. 广西师范大学教育学部, 桂林 514004)

摘 要:采用类别判断任务和 ERP 技术, 考察义符在生物/非生物概念分类中的作用机制。行为结果发现, 对生物概念, 比起无标示类属义符的词, 有标示类属义符词的反应时更短。ERP 结果发现, 对于两类概念, 比起无标示类属义符的词, 有标示类属义符的词诱发的 N400 波幅更小、LPC 波幅更大。研究表明, 在汉语词汇抽象语义的分类过程中, 义符在语义提取(N400)和语义整合阶段(LPC)均具有促进作用。

关键词:义符; 汉语词汇; 抽象语义; 作用机制

中图分类号:B842.5

文献标志码:A

文章编号:1003-5184(2025)01-0011-08

1 引言

汉语是一种表意文字, 其书写符号——汉字有着丰富的语义信息。超过 80% 的汉字属于形声字, 形声字由声符和义符两部分构成(李燕, 康加深, 1993)。声符提供字的读音信息, 而义符则提供字的语义信息。义符所标识的语义信息通常与字的整体语义密切相关, 对汉字认知具有重要的影响。

现有研究表明, 义符影响汉字词的分类(Chen & Weeks, 2004; 方燕红, 张积家, 2009; Williams, 2013; Williams & Bever, 2010)。张积家等人(1990)比较有、无标示类别义符的汉字词的类别语义提取, 发现有标示类别义符的单字词反应时间更短, 错误率更低。这一结果在汉字词和图片命名与分类的比较研究中得到进一步验证(方燕红, 张积家, 2009)。对汉语二语者的研究显示, 他们在汉字认知时形成了较好的义符路径, 而声符路径较不成熟(Williams, 2013; Williams & Bever, 2010)。张积家等人(1991)也研究了义符在双字词分类中的作用, 结果与单字词一致。这些采用不同材料、针对不同人群的汉字词分类研究均表明, 义符对汉语字词分类具有重要影响。

为了解释义符如何影响汉语词汇的分类过程, 张积家和彭聃龄(1993)提出了“汉字认知的两个网络系统模型”。该模型包含词汇网络和语义网络两个部分, 其中义符在汉字认知加工中扮演着关键角色。根据该模型, 义符可以通过连接两个网络的

介通路直接激活语义网络中代表类属语义的类别结点, 从而促进对含义符汉字词的语义类别判断, 减少认知资源消耗。这一模型较好地阐释了义符在汉语字词加工中的重要作用, 为后续的义符研究奠定了理论基础。

在 ERP 研究方面, 现有研究主要从汉字识别角度探讨义符加工的作用机制(Hsu et al., 2021; Wang et al., 2017; 王娟等, 2019; 王协顺等, 2016)。王协顺等人(2016)采用词汇判断任务考察义符频率对形声字识别的影响, 发现高频义符条件下诱发的 N400 波幅小于低频义符条件。Zhou 等人(2019)使用掩蔽启动词汇判断任务考察形声字加工过程中义符加工的时间进程, 发现当启动字和目标字共享义符时, 启动字的义符对目标字的识别产生 N400 启动效应。李昀松等人(2021)采用汉字命名任务考察部件在汉字识别中的作用, 发现义符比声符作用更早且持续时间更长。这些研究结果表明, 义符特征以及义符与声符的相对关系都影响汉字识别过程中的语义加工, 反映了义符在汉字识别中的重要作用。

除汉字识别角度外, 一些研究者从语法加工角度考察义符的作用。李思齐(2017)采用语法分类任务研究义符在汉字词加工中的作用, 发现无论动词还是名词, 无义符词比有义符词诱发更大的 N400 波幅。陶云等人(2017)和 Wang 等人(2018)考察了义符在归纳推理中的作用。研究发现, 在下位概念推理下位概念和下位概念推理上位概念时, 有义符

* 基金项目: 江苏省“十四五”教育科学规划课题(C-b/2021/01/32), 江苏省高等学校基础科学(自然科学)面上项目(23KJB180010)。

通信作者: 张积家, E-mail: Zhangjj1955@163.com。

词都比无义符词诱发更大的 N400 波幅。

综合来看,已有研究尚未从语义层级的角度考察义符的作用机制。目前仅有吴岩等人(2016)的研究采用 Go/NoGo 语义提取(即类别判断)任务结合 ERP 技术,在贴近自然语言理解的任务模式下探讨了部件位置的加工时程。然而,该研究主要聚焦部件位置频率的加工时程问题,并未专门探讨义符对语义类别判断的影响机制。因此,义符参与词汇语义分类过程的神经机制尚未得到明确揭示。此外,汉语词汇语义具有明显的层次性特征,从具体到抽象,可以形成诸如“喜鹊—鸟类—动物—生物”这样的语义层级(杨玉芳,2015)。在这个层级中,义符直接标识的是具体范畴层次的语义属性(如“喜鹊”中的“鸟”直接指向“鸟类”范畴),现有义符研究也主要关注义符与该层级词汇的对应关系(如“喜鹊”中义符“鸟”在词汇加工中的作用)。然而,关于义符是否参与以及如何参与更高抽象层级语义(如“动物”“生物”)的心理表征过程,在现有研究中尚未得到充分阐释。解决这个问题将有助于深化对汉语词汇语义组织的认识,揭示义符在语义层级网络中的作用。

基于以上分析,本研究拟通过类别判断任务和事件相关电位技术(event-related potentials, ERP),考察义符在抽象层级语义激活中的作用。具体而言,本研究将操纵两个变量:概念的语义类别(生物 vs. 非生物)和词汇中义符的有无(有义符词 vs. 无义符词),以考察以下问题:(1)义符是否有助于词汇的抽象语义(“生物”或“非生物”)的激活?这将通过比较有义符词和无义符词在生物、非生物两种语义判断中的加工差异来考察。根据以往研究,本研究假设义符能够促进词汇分类。同时,相对于非生物词汇,生物词汇表现出显著的反应优势,这种优势通常被称为生物优势效应(He & Cheung, 2019)。这一效应可能源自人类在进化过程中形成的对生物信息快速识别和加工的能力,这种能力对早期人类的生存至关重要(Loucks et al., 2020)。对词汇和图片的分类研究也显示,人类能更快更准确地识别生物类别,因为它们更符合人类的认知图式(杨格晴等, 2020)。此外,义符的存在可能进一步增强这种优势。具体而言,当生物词汇包含义符时,这些义符为生物属性的快速识别提供了额外的语义线索,从而提升了词汇的认知加工效率和准确性,使得含义符的生物词汇相较于含义符的非生物词汇展现出更

显著的反应优势;(2)义符对语义加工的影响体现在哪些加工阶段?这将通过分析与语义加工相关的 N400 和 LPC 两个 ERP 成分来考察。先前研究表明, N400 成分与字词或句子加工中的语义提取难度呈正相关:语义提取难度越大, N400 波幅越大(Wang & Dong, 2013)。基于此,本研究假设义符通过提供语义线索可促进词汇语义的提取和整合,因此含义符词相比无义符词应表现出较小的 N400 波幅,且这一波幅主要出现在中央至顶叶等后部脑区(Zhou et al., 2019)。与此同时,晚期的 LPC 成分与更高级、复杂的认知过程相关(Yang et al., 2019; Paitel et al., 2021)。这可能反映了义符引发的汉字表征整体激活(Zhou et al., 2019)。因此,在本研究的语义判断任务中,含义符词可能引发更大的 LPC 波幅,表明义符触发了更广泛的语义加工过程,且主要出现在与语义整合相关的后部区域(Jiaqi et al., 2023; Wu & Deng, 2011)。本研究将分析这两个 ERP 成分在含义符词与无义符词间诱发的平均波幅差异,旨在探讨义符在汉语词汇抽象语义加工中的作用模式。这不仅对深入理解汉语词汇的语义表征与加工机制具有重要意义,而且研究采用的类别判断任务更贴近日常语言理解情境,有助于揭示义符在真实语言理解中的作用。

2 方法

2.1 被试

采用 G * Power 软件,根据中等效果量 Effect size $f = 0.25$, 当 $\alpha = 0.05$ 、统计功效为 0.8 时所需的被试量为 24 人。选取汉语母语者 35 名,男 17 名,女 18 名,平均年龄 21.89 ± 2.11 岁,视力或矫正视力正常,均为右利手。

2.2 材料

选取 6 个生物义符(鸟、虫、犭、艹、木、禾)和 6 个非生物义符(山、冫、雨、氵、礻、彳),考虑词汇语义类别的代表性,在挑选义符时,生物义符中动物和植物义符各半,非生物义符中自然物和人造物各半。匹配两组义符在 2500 个常用字中的构字数量,得出两组义符的构字数量差异不显著, $t = 0.77, p > 0.05$ 。匹配两组义符的笔画数,得出两组义符笔画数差异不显著, $t = 0.17, p > 0.05$ 。20 名不参与实验的被试采用 7 点量表评定两组义符的熟悉性,得出熟悉性差异不显著, $t = 1.07, p > 0.05$ 。汉语中的字词既包括单字词,也包括双字词。单字词由单个音节构成,具有完整的语义和语法功能,在古汉语中较

为常见;而双字词是由两个单字词组合而成的含有两个音节的词语,是现代汉语最常见的词汇类型(Shi - chun,2007)。对双字词类别语义提取的研究发现,双字词与单字词的反应时结果没有显著差异(张积家 等,1991)。黄鹤等人(2009)采用 ERPs 的研究也证明了中文双字词识别的整体优先效应。这些结果表明,被试采用平行加工的方式对汉字双字词进行加工,即将双字词作为一个整体来知觉,并提取它的类别语义。义符的作用在双字词的语义提取中依然存在,其趋势与在单字词中的情形一致。基于此,本研究将采用双字词作为实验材料。每个义符组成 6 个双字词。同时,选取同类别同数目的不含类属义符的双字词。正式实验有 144 个词,另选取 8 个词作为练习材料。

匹配四组材料词频,得出词频差异不显著, $F(3,140) = 0.03, p > 0.05$ 。已有研究显示,汉语词汇的熟悉性影响词汇的加工(Dall et al.,2020)。此外,在涉及类别语义的研究中,典型性也受到了研究者的关注。典型性指的是一个实例在其类别中的代

表性强弱。典型性高的成员比典型性低的成员优先得到加工(Lynch et al.,2000)。因此,招募 40 名不参加实验的被试采用 7 点量表评定 4 组材料的熟悉性(1 代表熟悉性最低,7 代表熟悉性最高)、典型性(1 代表典型性最低:词汇代表的事物在生物/非生物类别中代表性较弱,7 代表典型性最高:词汇代表的事物在生物/非生物类别中代表性较强)。得出 4 组材料的熟悉性差异不显著, $F(3,140) = 0.89, p > 0.05$;典型性差异不显著, $F(3,140) = 1.75, p > 0.05$;同时,由于材料由两个单字组成,两个单字之间联系的紧密程度也可能影响语义提取(比如“乌龟”中的两个字就可能经常联合出现,但是“窗纱”中的两个字联合出现的情况就可能比“乌龟”要少),因此,招募 40 名不参加实验的被试采用 7 点量表评定 2 组有义符材料中的两个字的结合力,得出 2 组材料两个字的结合力差异不显著, $t = 1.70, p > 0.05$;匹配生物和非生物的有义符词中含义符字在双字词中的位置, χ^2 检验表明, $\chi^2(2,72) = 4.09, p > 0.05$,差异不显著。材料匹配结果见表 1。

表 1 材料统计信息表

词汇	词频	熟悉性	典型性	两字结合力	材料举例
生物有义符词	2204	5.34(0.43)	5.09(0.79)	4.11(1.56)	喜鹊
生物无义符词	2378	5.21(0.71)	4.80(1.02)	3.53(0.98)	乌龟
非生物有义符词	2381	5.41(0.39)	4.82(0.40)	3.87(0.90)	窗纱
非生物无义符词	2374	5.32(0.46)	4.75(0.32)	3.66(1.07)	夹克

注:词频为每 10 亿字中出现次数(《现代汉语通用词表》,2003)

2.3 实验设计

2(有、无标示类属的义符:有/无) \times 2(概念类型:生物/非生物)两因素被试内设计。为了得到足够多的叠加次数,实验材料重复一次,实验分为三组进行,相同词语不在同一组出现,每两组之间有休息时间。

2.4 实验流程

被试端坐在电脑前,左手食指放在 F 键上,右手食指放在 J 键上。实验流程如下:首先呈现注视点 500 ms,接着空屏 1000 ms,然后在屏幕中央呈现词汇,要求被试进行类别判断,若词汇是生物,按 F 键,若是非生物,按 J 键,之后进入下一试次。被试间平衡按键规定。正式实验前有 8 次练习。

2.5 仪器与 EEG 记录和分析

使用 Neuroscan 公司生产的 64 导脑电系统。电极位置在国际 10~20 系统基础上构成。参考电极置于双侧乳突连线,前额发际下 1 cm 处接地,记录水平眼电和垂直眼电,每个电极点头皮电阻均保持

在 10 k Ω 以下。离线分析时程为词语呈现前 200 ms 到词语呈现后 1000 ms,基线为名词出现前 200 ms,采样率为 500 Hz/导,数据分析时滤波带通为 0.05~30 Hz。删除眼电、肌电等伪迹,波幅超过 $\pm 100\mu V$ 的记录在叠加中被删除。最后将正确试次诱发的 ERPs 波形叠加。选取 9 个兴趣区 21 个电极点进行分析,分别位于左前(F3,F5,FC3),中前(FZ),右前(F4,F6,FC4),左中(C3,C5,CP3),中中(CZ),右中(C4,C6,CP4),左后(P3,P5,PO3),中后(PZ)、右后(P4,P6,PO4)。数据均采用 SPSS 20.0 软件进行分析,统计结果中球形假设不成立时采用 Greenhouse - Geisser 校正 p 值,多重比较采用 Bonferroni 法校正。

2.6 结果与分析

删除错误率超过 10%(1 人)和 EEG 信号伪迹过多(4 人)的被试,分析 30 名被试的数据,男 14 名,女 16 名。每名被试在每种条件下的有效叠加试次均超过 40 次。

2.6.1 行为实验的结果与分析

分析前删除反应时小于 400 ms 或大于 2000 ms、 $M \pm 3SD$ 范围外的试次, 占实验试次 4.27%。反应时分析删除错误反应试次, 占总试次的 3.40%, 删除错误率高于 10% 的项目(生物有义符词 1 个, 非生物有义符词 1 个, 非生物无义符词 2 个), 反应时和错误率见表 2。

表 2 不同概念分类的平均反应时(ms)和平均错误率(%)

有无义符	生物概念		非生物概念	
	反应时	错误率	反应时	错误率
有义符词	634(72)	3.33(4.63)	675(71)	2.70(3.70)
无义符词	654(62)	4.33(5.44)	678(69)	4.23(3.55)

为了排除汉字结构对实验结果的影响, 统计分析时将词汇结构规则性(两个字都是独体字、有一个字是合体字、两个字都是合体字)作为协变量进行控制。方差分析结果显示, 词汇结构规则性对不同条件词汇的反应时差异不显著, $p > 0.05$, 有无义符的主效应被试分析显著, $F_1(1, 29) = 10.24, p = 0.003, \eta_p^2 = 0.26$; 项目分析边缘显著, $F_2(1, 136) = 3.55, p = 0.062, \eta_p^2 = 0.03$, 均值比较发现, 有义符词的反应时显著短于无义符词, $p = 0.003, 95\% = [-18.53, -4.08]$ 。词汇类型的主效应显著, $F_1(1, 29) = 34.66, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.54$; $F_2(1, 136) = 17.49, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.12$, 均值比较发现, 生物词汇的反应时显著短于非生物词汇, $p < 0.001, 95\% = [-43.76, -21.19]$ 。有无义符和词汇类型的交互作用显著, $F_1(1, 29) = 15.94, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.36$; $F_2(1, 136) = 8.00, p = 0.005, \eta_p^2 = 0.22$ 。简单效应分析表明, 在生物词汇条件下, 有义符词的反应时显著短于无义符词, $p < 0.001, 95\% = [-29.54, -10.52]$; 在非生物词汇条件下, 有、无义符词的反应时差异不显著, $p > 0.05$ 。

由于四种条件正确率都比较高, 因此不再进一步分析统计正确率的结果。

2.6.2 ERP 结果及分析

分析前删除错误反应、反应时小于 500 ms、大于 2000 ms 的试次, 以及反应时在 $M \pm 3SD$ 之外的试次。基于对平均波幅和峰值潜伏期的视觉观察, 同时参考以往相同领域的研究(Wang et al., 2018), 确定 ERP 分析的时间窗为 300 ~ 450 ms(N400)和 450 ~ 600 ms(LPC)。以每个兴趣区电极点的平均波幅为因变量, 进行 2(有、无标示类属的义符: 有/无) \times 2(概念类型: 生物/非生物) \times 3(脑区: 前/中/后) \times 3(半球: 左/中/右) 方差分析。图 1 和图 2 是两个成分波形图和地形图。

N400 成分

方差分析结果显示, 词汇结构规则性对不同条件下 N400 波幅没有显著影响, $p > 0.05$ 。词汇类型的主效应显著, 非生物词诱发的平均波幅显著负于生物词, $F(1, 29) = 5.30, p = 0.029, \eta_p^2 = 0.16$; 有无义符的主效应显著, 无义符词的平均波幅显著负于有义符词, $F(1, 29) = 3.21, p = 0.032, \eta_p^2 = 0.15$ 。有无义符和脑区的交互作用边缘显著, $F(1, 29) = 5.09, p = 0.056, \eta_p^2 = 0.19$ 。均值比较发现, 在后部脑区, 无义符词的平均波幅显著负于有义符词, $p = 0.003$ 。词汇类型、有无义符、脑区和半球的交互作用显著, $F(1, 29) = 3.63, p = 0.018, \eta_p^2 = 0.36$ 。简单效应分析发现, 对非生物词汇, 无义符词的平均波幅在左后区、中后区、右后区显著负于有义符词 [$p_{\text{左后}} = 0.025, \eta_p^2 = 0.14, p_{\text{中后}} = 0.005, \eta_p^2 = 0.28, p_{\text{右后}} = 0.014, \eta_p^2 = 0.21$]。对生物词汇, 无义符词的平均波幅在左后区均显著负于有义符词, $F(1, 29) = 5.02, p = 0.031, \eta_p^2 = 0.15$ 。其它兴趣区差异均不显著, $p > 0.05$ 。

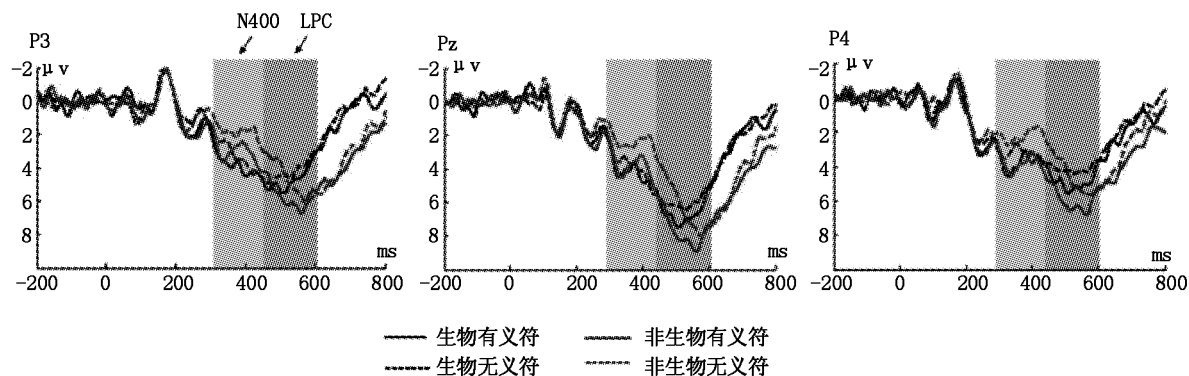


图 1 四种条件诱发的 N400 和 LPC(P3、Pz、P4) 成分波形图

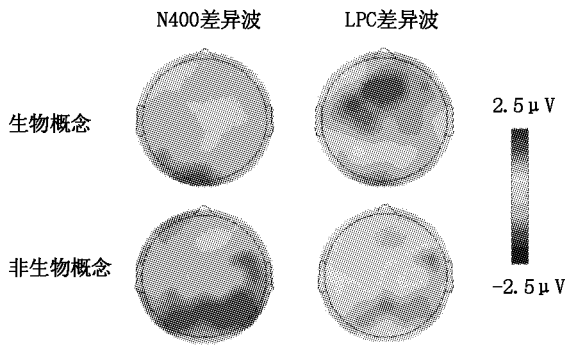


图2 生物概念和非生物概念的 N400 和 LPC 成分的差异波(有义符-无义符)地形图

方差分析结果显示,词汇结构规则性对不同条件下 N400 波幅没有显著影响, $p_s > 0.05$ 。有无义符的主效应显著, $F(1, 29) = 7.50, p = 0.01, \eta_p^2 = 0.21$ 。有义符词的平均波幅显著大于无义符词, $95\% CI = [0.25, 1.69]$ 。词汇类型、有无义符和脑区交互作用显著, $F(4, 22) = 4.61, p = 0.019, \eta_p^2 = 0.25$ 。均值比较发现,对生物词汇,在前部($p = 0.005, 95\% CI = [0.49, 2.50]$)、中部($p = 0.010, 95\% CI = [0.31, 2.12]$)、后部脑区($p = 0.066, 95\% CI = [0.06, 1.71]$),有义符词的平均波幅显著或边缘显著大于无义符词;对非生物词汇,只有在后部脑区有义符词的平均波幅显著大于无义符词, $p = 0.032, 95\% CI = [0.12, 2.53]$,在其它脑区,有义符词和无义符词诱发的平均波幅差异不显著, $p_s > 0.05$ 。词汇类型、有无义符、脑区和半球的交互作用显著, $F(4, 22) = 3.00, p = 0.037, \eta_p^2 = 0.32$ 。简单效应分析表明,对生物词汇,在前部脑区($p_{左前} = 0.011, 95\% CI = [0.32, 2.26]$, $p_{中前} = 0.004, 95\% CI = [0.65, 3.06]$, $p_{右前} = 0.012, 95\% CI = [0.32, 2.37]$)、中部脑区($p_{左中} = 0.009, 95\% CI = [0.34, 2.18]$, $p_{中中} = 0.032, 95\% CI = [0.11, 2.32]$, $p_{右中} = 0.015, 95\% CI = [0.24, 2.10]$)以及左后区($p = 0.069, 95\% CI = [-0.07, 1.79]$)、右后区($p = 0.051, 95\% CI = [-0.01, 1.89]$),有义符词的平均波幅显著或边缘显著大于无义符词。对非生物词汇,在中后区($p = 0.007, 95\% CI = [0.46, 2.68]$)、左后区($p = 0.088, 95\% CI = [-0.18, 2.35]$)和右后区($p = 0.063, 95\% CI = [-0.08, 2.72]$),有义符词的平均波幅显著或边缘显著大于无义符词。

3 讨论

3.1 义符在汉语词汇抽象语义加工中的作用机制

本实验采用 ERP 技术考察了汉字义符在生物/

非生物概念分类中的作用机制。行为实验发现,无义符词比有义符词的反应时更长,有义符词表现出反应优势,这与以往研究的结果一致(方燕红,张积家,2009;陶云等,2017;Wang et al., 2018;张积家等,1990,1991),根据张积家等人(1993)提出的“两个网络系统模型”,有义符词的义符在整词语义通达之前就得到了激活,获得了词语的类别语义,因而类别判断更快;而无义符词只能在通达整词语义之后才能进行类别判断,因而判断地更慢。说明义符在生物/非生物词汇水平上有标示类别的作用,促进了语义分类。

结果还表明,生物词汇较非生物词汇具有更短的反应时,且在 N400 时间窗内呈现更小的平均波幅。这一发现再次证实了先前研究中提出的生物优势效应(Leding,2022),即生物词汇相对于非生物词汇表现出显著的反应优势。这与视觉感知研究的结果一致,即人类对有生命物体的反应快于无生命物体(He & Cheung,2019;Loucks et al., 2020)。研究者认为,这种优势可能源于生物与人类共享更多特征,可视为自我参照效应的延伸。由于人类对自身更为熟悉和关注,这种自我参照效应也体现在对有生命物体的反应上(杨格晴等,2020)。

此外,词汇类型与义符存在显著的交互作用。对于生物词汇,有义符词的反应时显著短于无义符词,对于非生物词汇,有义符词和无义符反应时差异不显著。这说明义符对生物和非生物词汇的分类加工具有显著不同的影响,义符的促进作用主要体现在生物词汇上。可能是由于生物词汇采用的义符(鸟、虫、犭、艹、木、禾)本身就是生物,而非生物义符(山、冫、雨、钅、礻、纟)本身就是非生物,由于义符表示的是词汇的类属信息,类别判断时能够提供强有力的语义线索,从而加速词汇的分类处理,使得生物词汇也比非生物词汇具有反应优势。

ERP 结果显示,在 N400 成分上,无义符词的波幅大于有义符词。这表明有义符词的语义类别判断更容易,证实了义符在神经层面对分类过程的促进作用,与先前研究结果一致(陶云等,2017;Wang et al., 2018)。N400 与语义加工难度有关,即语义加工难度越大, N400 波幅越大(Chen et al., 2007; Wang & Dong, 2013)。此外, N400 还反映了形声字加工中义符语义的自动激活(Wang et al., 2018; Zhou et al., 2019)。在语义提取阶段,有义符词中的义符语义激活为类别语义判断提供了线索,降低

了词汇语义提取的难度。本研究中 N400 的头皮分布主要集中在后部脑区,这与先前相关研究的发现基本一致(Zhou et al., 2019)。

LPC 结果显示,有义符词的平均波幅显著大于无义符词,表明义符在分类过程的晚期仍保持激活状态。LPC 反映了高级且复杂的认知过程。Bigman 和 Pratt(2004)发现,在可归纳条件下,400 ~ 650 ms 时间窗出现的 LPC 可标示类别归纳。认知语言学研究表明,LPC 与晚期的语义整合有关(Calloway, & Perfetti, 2020)。本研究中,LPC 可能涉及晚期信息整合和分类过程的完成。在有义符词加工晚期,可能激活了由该义符构成的其他词,需要对信息进行整合和甄别,因而有义符词 LPC 更大。研究还发现,生物词汇和非生物词汇在 LPC 分布上存在差异:生物词汇的 LPC 在前、中、后脑区均有分布,而非生物词汇的 LPC 主要集中在后部脑区。先前汉字认知研究中,LPC 主要出现在后部区域(Jiaqi et al., 2023; Wu & Deng, 2011),但本研究中生物词汇激活了更广泛的脑区。这可能反映了两类词汇在大脑语义网络中的组织差异。生物词汇与生命体和社会性高度相关,可能更多激活了前额叶和颞叶等与社会认知、情感加工有关的区域;而非生物词汇则主要依赖于与物体识别、视觉加工等较低级认知功能相关的后部脑区(Engel et al., 2009)。

本研究的实验结果与 ERP 结果中的 N400 成分呈现一致趋势。行为结果显示,有义符词的反应时间显著短于无义符词,尤其在生物词汇条件下,表明义符有效降低了语义提取难度,加快了反应速度。相应地,ERP 结果中含义符词的 N400 波幅较小,进一步证实了其在语义提取阶段的加工难度较低,而无义符词的 N400 波幅较大,反映出较高的认知负荷(Wang et al., 2018)。然而,在晚期加工阶段,行为结果与 LPC 结果呈现不一致性。尽管含义符词的反应时间较短,但其 LPC 波幅显著大于无义符词。这种表面矛盾可能反映了义符在不同加工阶段的复杂作用:早期语义提取阶段,义符通过提供语义线索加快加工速度;晚期语义整合阶段,义符激活更多语义联结,引发更深入、复杂的认知加工(Calloway & Perfetti, 2020)。因此,虽然行为表现为反应速度加快,但 LPC 结果揭示了晚期整合阶段中更高的认知资源利用和加工复杂性。这些发现表明,义符在整个词汇加工过程中起到多方面促进作用,不仅加快早期语义提取,还增强晚期语义整合的深度

和广度。

3.2 汉字认知加工的“两个网络系统模型”

本研究结果从抽象语义角度验证了张积家和彭聃龄(1993)提出的“汉字认知的两个网络系统模型”。该模型包含词汇网络和语义网络两部分:词汇网络包括笔画、部件、词素和整词等加工单元;语义网络由表示词汇语义的概念结点和表示更抽象上位语义的类别结点组成(图 3)。模型还提出了以义符为中介的联结通路。当汉字输入时,笔画和部件被激活,作为重要部件的义符参与两条并行加工通路:一条通路继续上行激活整词,再通达语义网络;另一条通路则由义符经中介通路直接激活语义网络中代表类属语义的类别结点。由于义符表示词汇的类属语义,因此首先激活的是类别结点。当第一条通路经整词识别后到达语义网络时,类别结点已处于激活状态,进一步激活只需较少的认知资源。相比之下,没有义符作为类别标志的词汇只能在整词识别后再进行类别判断。此时类别结点的阈限值较高,需要更多激活才能打通语义通路。

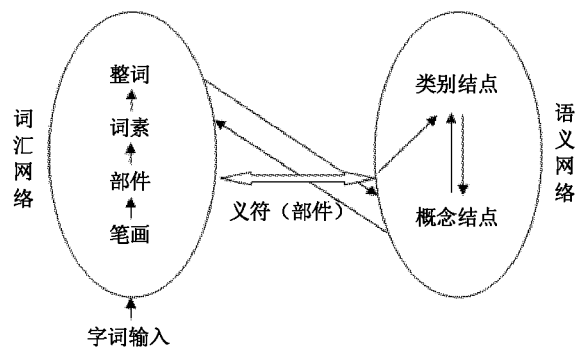


图3 汉字形声字加工的“两个网络系统模型”

以词汇“鸚鵡”为例,在词汇网络的整词通达前,义符“鸟”就可以通过中介路径到达语义网络,然后激活语义网络中“鸟”的类别结点,比如“鸟类”“动物”“生物”等鸟类的类属信息。当整词“鸚鵡”在词汇网络通达后再激活语义网络时,“生物”类别结点已经处于激活状态,因此只需要较少努力就可以做出类别判断,因而 N400 波幅更小,行为指标上也表现出更短的反应时。在任务最后阶段,义符“鸟”还激活了含此义符的下属水平概念,如“鹤鹑”“野鸡”“黄鹌”“鸵鸟”等,此时需要对信息进行整合和甄别,因此有义符词出现了更大的 LPC。对无标示类别的义符的词来说(例如“黑熊”),需要在词汇网络中通达整词“黑熊”后再激活语义网络中“黑熊”的类别,此时就需要耗费更大的努力才能够做

出类别判断,因此 N400 波幅更大,在行为指标上也表现出了更长的反应时。本研究从抽象语义的角度探索了义符在语义类别判断中的作用机制,不仅验证并拓展了张积家和彭聃龄(1993)提出的“汉字认知的两个网络系统模型”的适用范围,同时也为该模型的神经基础提供了实证支持。

4 结论

(1)义符能够显著促进汉语词汇在抽象语义层面(“生物”和“非生物”范畴)的分类。

(2)义符在抽象语义分类的不同阶段发挥不同作用:在语义提取阶段(N400),义符语义的激活降低了词汇语义提取的难度;在语义整合阶段(LPC),义符参与了对词汇所属抽象语义类别的进一步整合与甄别。

参考文献

- 方燕红,张积家.(2009).汉字词和图片命名与分类的比较. *心理学报*,41(2),114-126.
- 黄鹤,王权红,梁珊珊,罗俊龙,钟俊.(2009).视觉中文词汇识别的整体优先效应和词内核证原则:来自 ERPs 的证据. *现代生物医学进展*,9(2),322-326.
- 李思齐.(2017).义符对中文动词和名词加工的促进与抑制(硕士学位论文).云南师范大学.
- 李昀松,陈启杨,吴岩,李天虹,段如君.(2021).形旁在形声字识别中的优势作用. *心理与行为研究*,19(4),439-446.
- 李燕,康加深.(1993).现代汉语形声字声符研究.见陈原(编). *现代汉语用字信息分析*.上海:上海教育出版社.
- 陶云,王晓曦,马谐,刘艳.(2017).义符促进类别归纳推理的 ERP 证据. *心理学探新*,37(2),117-124.
- 吴岩,莫德圆,王海英,于溢洋,陈烜之,张明.(2016).语义分类任务中部件位置在汉字识别中的作用. *心理学报*,48(6),599-606.
- 王娟,马雪梅,李兵兵,张积家.(2019).汉字形声字识别中义符和声符的家族效应. *心理学报*,51(8),857-868.
- 王协顺,吴岩,赵思敏,倪超,张明.(2016).形旁和声旁在形声字识别中的作用. *心理学报*,48(2),130-140.
- 杨格晴,祁新越,允寒琦,杨春亮.(2020).生命何以特殊?生命性对记忆的影响及认知机制. *心理学进展*,10(8),1174-1285.
- 杨玉芳.(2015). *心理语言学*.北京:科学出版社.
- 张积家,彭聃龄.(1993).汉字词特征语义提取的实验研究. *心理学报*,25(2),30-37.
- 张积家,彭聃龄,张厚粲.(1991).分类过程中汉字的语义提取(Ⅱ). *心理学报*,23(2),139-144.
- 张积家,张厚粲,彭聃龄.(1990).分类过程中汉字的语义提取(Ⅰ). *心理学报*,22(4),397-405.
- Bigman, Z., & Pratt, H. (2004). Time course and nature of stimulus evaluation in category induction as revealed by visual event-related potentials. *Biological Psychology*,66(2),99-128.
- Calloway, R., & Perfetti, C. (2020). Integration and structure building across a sentence boundary: ERP indicators of definite/indefinite article, noun repetition, and comprehension skill effects. *Language, Cognition and Neuroscience*,35(1),124-136.
- Chen, B. G., Liu, Y., Wang, L. X., Peng, D. L., & Perfetti, C. A. (2007). The timing of graphic, phonological and semantic activation of high and low frequency Chinese characters: An ERP study. *Advances in Natural Science*,17(B07),62-70.
- Chen, M. J., & Weekes, B. S. (2004). Effects of semantic radicals on Chinese character categorization and character decision. *Chinese Journal of Psychology*,46(2&3),181-196.
- Dall, J., Wang, Y., Cai, X., Chan, R., & Sørensen, T. (2020). Visual short-term memory and attention: An investigation of familiarity and stroke count in Chinese characters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*,47(2),282-294.
- Engel, L. R., Frum, C., Puce, A., Walker, N. A., & Lewis, J. W. (2009). Different categories of living and non-living sound-sources activate distinct cortical networks. *Neuroimage*,47(4),1778-1791.
- He, C. X., & Cheung, O. S. (2019). Category selectivity for animals and man-made objects: Beyond low- and mid-level visual features. *Journal of Vision*,19(12),1-14.
- Hsu, C., Wu, Y., & Lee, C. (2021). Effects of Phonological Consistency and Semantic Radical Combinability on N170 and P200 in the Reading of Chinese Phonograms. *Frontiers in Psychology*,12,1-10.
- Jiaqi, J., Ying, Z., Yi, Z., Yan, Z., Guangmiao, J., Yang, H., Sheng, W., Qing, J., & Tingting, D. (2023). EEG signals of Chinese character cognition under simulated prosthetic vision. *2023 IEEE 3rd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI)*,343-348.
- Leding, J. (2022). Thinking of death and remembering living things: Mortality salience and the animacy effect. *Memory*,30(10),1258-1266.
- Loucks, J., Verrett, K., & Reise, B. (2020). Animates engender robust memory representations in adults and young children. *Cognition*,201,104-284.
- Lynch, E., Coley, J., & Medin, D. (2000). Tall is typical: Central tendency, ideal dimensions, and graded category structure among tree experts and novices. *Memory & Cognition*,28,41

- 50.
- Paitel, E. R., Samii, M. R., & Nielson, K. A. (2021). A systematic review of cognitive event – related potentials in mild cognitive impairment and alzheimer’s disease. *Behavioural Brain Research*, 396, 1 – 47.
- Shi – chun, L. (2007). *A Study of Monosyllabic Words’ Turning into Disyllabic and Polysyllabic Ones in Ancient Chinese Based on the Data of Disyllabic and Polysyllabic Words*. Journal of Southwest Jiaotong University.
- Wang, Q., & Dong, Y. (2013). The N2 – and N400 – like effects of radicals on complex Chinese characters. *Neuroscience Letters*, 548, 301 – 305.
- Wang, X., Ma, X., Tao, Y., & Li, H. (2018). How semantic radicals in Chinese characters facilitate hierarchical category – based induction. *Scientific Reports*, 8(1), 2045 – 2322.
- Wang, X. S., Pei, M., Wu, Y., & Su, Y. J. (2017). Semantic radicals contribute more than phonetic radicals to the recognition of Chinese phonograms; Behavioral and ERP evidence in a factorial study. *Frontiers in Psychology*, 8, 1 – 9.
- Williams, C. (2013). Emerging development of semantic and phonological routes to character decoding in Chinese as a foreign language learners. *Reading & Writing*, 26(2), 293 – 315.
- Williams, C., & Bever, T. (2010). Chinese character decoding: A semantic bias? *Reading and Writing*, 23(5), 589 – 605.
- Wu, Q., & Deng, Y. (2011). An event – related potential study on cross – modal conversion of Chinese characters. *Neuroscience Letters*, 503(2), 147 – 151.
- Yang, H., Laforge, G., Stojanoski, B., Nichols, E. S., Mcrae, K., & Khler, S. (2019). Late positive complex in event – related potentials tracks memory signals when they are decision relevant. *Scientific Reports*, 9(1), 64 – 69.
- Zhou, Y., Tsang, Y. K., & Wu, Y. (2019). Semantic radical activation in Chinese phonogram recognition: Evidence from event – related potential recording. *Neuroscience*, 417, 24 – 34.

Mechanisms of the Role of Semantic Radicals in Abstract Semantic Categorization of Chinese Vocabulary

Wang Bin¹, Yan Qin², Zhang Jijia³

(1. School of Education Science, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116;

2. Department of Mental Health Education and Teaching, Nanjing Audit University, Nanjing 211815;

3. Faculty of Education, Guangxi Normal University, Guilin 514004)

Abstract: A category judgment task and an ERP technique were used to examine the mechanisms of the role of semantic radicals in the categorization of biological/non – biological concepts. Behavioral results revealed that, for biological concepts, words with semantic radicals had shorter response times than words without semantic radicals, and ERP results revealed that, for both types of concepts, words with semantic radicals induced smaller N400 amplitudes and larger LPC amplitudes than words without semantic radicals. The study suggests that in the process of categorizing the abstract semantics of Chinese vocabulary, the semantic radicals play a facilitating role in the semantic extraction(N400) and semantic integration stages(LPC).

Key words: semantic radical; Chinese vocabulary; abstract semantics; mechanism of action