

# 汉字识别中部件结合率的作用：ERP 研究<sup>\*</sup>

吴 岩<sup>1</sup> 王协顺<sup>1</sup> 陈烜之<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 东北师范大学心理学院, 长春 130024) (<sup>2</sup> 香港中文大学心理系, 香港)

**摘 要** 以汉字为实验材料, 实验操纵两种部件结合率: 携带位置信息的部件结合率(position-specific radical combinability, SRC)和不携带位置信息的部件结合率(position-general radical combinability, GRC)。实验中要求被试进行方位判断的同时记录被试脑电的变化。其中, 实验 1 以假字作为填充刺激, 结果发现 SRC 的变化引发 P200 效应, 而 GRC 的变化引发了大脑半球右侧化偏向的 N400 效应。实验 2 以简单几何图形作为填充刺激, 结果发现 SRC 所引发的 P200 效应消失了, 但 GRC 所引发的大脑半球右侧化偏向的 N400 效应保持稳定。结果说明部件结合率可以在汉字加工中产生作用, 但是携带位置信息的部件结合率在汉字加工中容易受到假字所引发的注意偏向的影响; 而不携带位置信息的部件结合率在汉字加工中的作用相对稳定。

**关键词** 部件; 部件结合率; 汉字识别; ERPs

**分类号** B842

## 1 引言

部件结合率通常是指包含某个部件的所有汉字集合(position-general radical combinability, GRC), 在概念层次上, 可以将其等同于拼音文字中正字法家族大小(orthographic neighborhood size)这一概念。在拼音文字中家族大小通常是指通过替换单词的一个字母(而不改变字母的位置)可以形成的其他单词的个数(Coltheart, Davelaar, Jonasson, & Besner, 1977)。在此定义中研究者特别强调字母位置不变, 即肯定了字母位置在单词家族大小效应(或称家族效应)中的作用。事实上, 许多关于拼音文字中单词阅读的模型都肯定了携带位置信息的字母在读者头脑中的表征(Chauncey, Holcomb, & Grainger, 2008; Dufau, Grainger, & Holcomb, 2008)。那么以此类推, 是否说明在汉语中, 在定义部件结合率(汉字正字法家族大小)时也应该考虑部件位置信息呢? 即部件结合率是指包含某一特定位置部件的所有汉字的集合(position-specific radical combinability, SRC)。

其实不尽然, 尽管目前越来越多的研究肯定了 在汉字阅读中包含了部件这种亚词汇信息的提取

(Ding, Peng, & Taft, 2004; Hsu, Tsai, Lee, & Tzeng, 2009; Lin et al., 2011; Taft, 2006; Taft, Zhu, & Ding, 2000; Tsang & Chen, 2009; Wu, Mo, Tsang, & Chen, 2012; Yeh & Li, 2002), 但是部件这种亚词汇信息的提取是否依赖于部件位置信息目前还存在一定争议。一些研究者认为部件只有结合了位置信息才能够在汉字加工中产生作用(Ding et al., 2004), 这是因为对于一些汉字如“杏”和“呆”, 我们只能通过部件所处位置进行区分。和此观点一致, 研究者发现通过置换部件位置所形成的汉字, 它们之间的加工不会产生相互干扰(Taft, Zhu, & Peng, 1999), 这说明部件虽然相同, 但是只要部件所处位置不同, 部件的表征就不相同, 否则如果不同位置的部件表征相同, “杏”和“呆”这类汉字的加工就应该产生相互干扰。此外, Ding 等(2004)还发现只有当启动字与目标字共享的部件处于相同位置时, 启动字才会促进目标字的加工(例如, 启动字“躯”对目标字“枢”)。这些研究结果无疑说明部件是携带位置信息进行表征的。但 Taft 等随后的研究(Taft et al., 2000)以及其他研究者的研究(Yeh & Li, 2002; Tsang & Chen, 2009)也发现部件不一定需要携带位置信息

收稿日期: 2014-08-26

<sup>\*</sup> 东北师范大学科学研究基金(中央高校基本科研业务费)项目成果(项目批准号: 10QNJJ020)。

通讯作者: 吴岩, E-mail: wuy399@nenu.edu.cn; 陈烜之, E-mail: hcchen@psy.cuhk.edu.hk

才可以对汉字加工产生作用,不携带位置信息的部件也可以对汉字加工产生作用。例如, Yeh 和 Li (2002)采用视觉搜索范式,要求被试从一系列邻近字中搜索一个目标字(如“纳”),研究结果发现只要目标字和邻近字(如“素”)含相同部件,不管该部件在目标字和邻近字中所处位置是否一致,都会干扰个体对目标字的搜索。此结果否定了部件一定是携带位置信息进行表征的结论,因为如果不同位置的部件存在不同表征,目标字和邻近字仅共享部件而部件位置不同时,彼此之间不会产生干扰。

近年来随着电生理学技术的发展,一些研究者试图以更敏感的 ERPs (Event-Related Potentials)为指标,探讨汉字加工中部件位置信息的作用(Lin et al., 2011; Wu et al., 2012)。其中,采用语词判断任务(Lexical Decision Task), Lin 等(2011)首先通过系统变化汉字正字法信息,探讨了携带位置信息的部件在汉字加工中的作用。研究者操纵了 4 种实验条件,分别是真字、假字(部件和部件位置正确,但在汉语中并不存在这样的汉字,即部件结合错误)、非字(部件正确但部件位置和结合都错误)和笔画组合(部件、部件位置以及部件结合都错误)。结果发现和非字、笔画组合相比,真字和假字都引发了 N170 的变化,而且两者产生的 N170 没有区别,非字和笔画组合在 N170 上也没有差异。因为非字与假字唯一区别在于部件位置正确与否,所以此结果说明和不携带位置信息的部件相比,携带位置信息的部件可以更早地发挥作用。采用语词判断任务, Wu 等(2012)操纵部件频率的研究也得到了类似的结果,研究发现携带位置信息的部件频率最先引发 P150 (100~160 ms)的变化,而不携带位置信息的部件频率首先引发 P200 (180~280 ms)的变化,因为 P150 出现的时间窗口比 P200 的早,因而研究者认为以 ERPs 为指标,携带位置信息的部件和不携带位置信息的部件在读者的头脑中都存在一定表征,但是两者激活的时间点存在差异。

那么基于这样的 ERP 结果,是否可以说明在考察汉字正字法家族大小效应时,部件位置是需要考量的重要信息呢?其实也不尽然,一是目前存在的 ERP 研究还是太少,采用的操作或任务过于单一(基本都是采用语词判断任务得来的结果),我们知道对一个问题的探讨需要来自多方面不同操作、不同任务的研究证据,单一操作或任务下的研究结果得到的结论往往不够充分。其次,就目前存在的有限几个 ERP 研究(Lin et al., 2011; Wu et al., 2012)

而言,也存在一定问题,有扩大部件位置效应的可能性。这是因为实验材料都包含了假字或非字,假字或非字通常指违背一定正字法规则所产生的汉字,比如通过部件、部件位置或部件结合的正确与否产生。这一过程无疑强化了汉字结构性信息,我们通常也称之为正字法信息,导致个体分配更多注意资源关注汉字正字法加工。而部件位置作为汉字正字法规则中的重要组成,无疑是需要重点关注内容,因而假字的使用存在扩大部件位置效应的可能。事实上, Tsang 和 Chen (2009)在对以往行为研究结果进行综述时,也提出实验材料可能是导致以往研究中出现矛盾结果的一个重要因素,包含假字和非字的研究往往得出部件需要携带位置信息才能对汉字加工产生作用(Ding et al., 2004; Taft et al., 1999; Taft & Zhu, 1997);而研究中不包含假字和非字这类不符合正字法规则的字符,研究者往往肯定了不携带位置信息部件的重要性(Lai & Huang, 1988; 黎红, 陈烜之, 1999; Tsang & Chen, 2009; Yeh & Li, 2002)。

因此,针对这些问题,本研究试图通过操纵部件结合率,考察携带位置信息的部件和不携带位置信息的部件在汉字加工中的作用。在此基础上,本研究将系统变化实验材料,以探讨假字在部件位置信息加工中的可能作用机制。

研究操纵了两种部件结合率,一是不携带位置信息的部件结合率(GRC),指包含某个部件的所有汉字集合,忽略部件位置信息;二是携带位置信息的部件结合率(SRC),指包含某一特定位置部件的所有汉字集合。在这里笔者采用方位判断任务,要求个体判断刺激出现的方位,以屏幕的中线(实验中并没有呈现)为参考,判断刺激是偏左还是偏右,这样的任务保证了个体不会过分关注汉字正字法信息,并确保汉字部件的加工不受和语言加工有关的任务的影响,使个体在内隐的情境下加工汉字。此外,研究中还系统变化了材料类型,在实验 1 中以假字为填充刺激,在实验 2 中以几何图形为填充刺激,实验 1 和实验 2 结果的比较可以提供关于假字对部件位置信息作用的证据。

在以往研究基础上,重点考察两种 ERP 成分,分别是 P200 和 N400 (Hsu et al., 2009; Lee et al., 2007; Taler & Phillips, 2007)。P200 是一种与词汇家族大小效应相关的脑电成分(Hsu et al., 2009; Lee et al., 2007)。在操纵声旁结合率(包含相同声旁的所有形声字集合)的前提下, Hsu 等(2009)发现当前加工

的汉字家族越大, 引发的 P200 越小, 因为处于大家族中的汉字在字形提取时获得的促进效应更强; N400 是与语义加工有关的一种成分(Hsu et al., 2009; Lee et al., 2007; Taler & Phillips, 2007)。与 P200 的变化相反, Hsu 等(2009)发现相对于家族小的汉字, 家族大的汉字引发更强的 N400 效应, 因为处于大家族中的汉字在语义提取时获得的干扰更强。和家族效应相对应的 P200 和 N400 效应, Lee 等(2007)将其归结为两阶段加工模型。因此可以预测, 如果部件能够影响汉字加工, SRC 和 GRC 将在 P200 和/或 N400 上发现差异; 如果携带位置信息的部件与不携带位置信息的部件在加工时程上有差异, 那么 SRC 和 GRC 将引发不同的 ERP 成分, 或者引发相同的 ERP 成分, 但两者在潜伏期上存在差异。

## 2 实验 1: 以假字为填充刺激

### 2.1 方法

#### 2.1.1 被试

香港中文大学学生 19 名(男 8 人, 女 11 人), 年龄 20~26 岁, 平均年龄为 23 岁。均为自愿参加, 完成试验任务后给予一定的劳务报酬。所有被试均为右利手, 裸眼视力或矫正视力均正常, 母语都为普通话, 无语言等神经功能上的缺陷或损伤, 以前从未参加过类似的实验。

#### 2.1.2 实验材料

为了计算某操纵部件的 SRC 和 GRC, 笔者所依据的数据库为 ISO1046 (ISO1046, 2013), 在该数据库中输入所操纵部件如“页”(目标汉字为“须”), 数据库将会反馈出含有该部件的所有汉字的数目, 这个数目即为部件“页”的 GRC; 同时 ISO1046 还会将所有包含该部件的汉字都呈现出来, 笔者将所操纵部件出现在右侧的汉字数目统计出来即为该部件的 SRC。根据某操纵部件 SRC 的高低, 可以把部件分为两组: 高 SRC (HSRC) 和低 SRC (LSRC)。依据 ISO1046, HSRC 条件下所有操纵部件的 SRC 均大于 14, 而 LSRC 下所有操纵部件的 SRC 均小于 9, 配对样本  $t$  检验结果表明两者差异显著,  $t(17) = 6.25, p < 0.001$ ; 两条件在合体字频率(CF)、笔画数(SN)、部件独立成字时的频率(RCF)以及 GRC 上均相互匹配,  $ps > 0.05$ 。此外, 干扰部件(非操纵部件)的 SRC 和 GRC 也被控制, 两条件下的汉字在干扰部件的 SRC 和 GRC 上相互匹配,  $ps > 0.05$ 。共有 18 对这样的汉字。同理, 根据某操纵部件 GRC 的高低, 把部件也分为两组, 分别是高 GRC (HGRC)

和低 GRC (LGRC) 组。依据 ISO1046, HGRC 条件下所有操纵部件的 GRC 均大于 60, 而 LGRC 条件下所有操纵部件的 GRC 均小于 34, 配对样本  $t$  检验结果表明两者差异显著,  $t(19) = 10.55, p < 0.001$ ; 两条件在 CF、SN、RCF 以及 SRC 上均相互匹配,  $ps > 0.05$ 。同时, 干扰部件的 SRC 和 GRC 在两条件间也相互匹配,  $ps > 0.05$ 。共有 20 对这样的汉字。4 种条件下的汉字信息、操纵部件以及干扰部件信息在表 1 中呈现。一共存在 76 个汉字, 其中左右结构的占 88%, 上下结构的占 12%。另编写 76 个假字, 假字中部件和部件位置均正确, 但部件结合不正确, 如纟, 其中左右结构和上下结构所占比例与真字相同。刺激呈现在一台 17 英寸的黑色电脑屏幕中央, 测试距离为 80 cm, 视角为 1.6°。

表 1 汉字材料的各种信息

条件	汉字信息			操纵部件信息				干扰部件信息		
	汉字	SN	CF	部件	RCF	GRC	SRC	部件	GRC	SRC
HSRC	须	8.5	46.8	页	245.6	45.8	28.4	纟	103	67
LSRC	初	8.4	48.2	刀	244.6	46.9	4.2	衤	106	76
HGRC	扯	8.1	25.7	止	268	113.8	5.9	扌	200	116
LGRC	犹	8.5	24.8	尤	263.2	15.9	5.8	犭	206	154

注: CF 为合体字频率, SN 为笔画数, RCF 为部件独立成字时频率, GRC 为不携带位置信息部件结合率, SRC 为携带位置信息部件结合率。

#### 2.1.3 实验程序

采用 E-Prime 2.0 心理学实验软件进行设计, 具体实验程序如图 1 所示。在正式实验之前, 首先让被试进行练习, 使其熟练实验任务及具体实验程序, 练习结束后进入正式实验。正式实验开始前, 屏幕上会呈现“请按 Q 键开始正式实验”的字样, 被试按键后在屏幕中央会出现一个注视点“+”, 持续时间为 500 ms。接着出现空白刺激, 持续 500~700 ms。然后是实验刺激(汉字或填充刺激), 刺激并非在屏幕正中央出现, 而是在稍微偏左或者偏右一点的位置上出现, 持续时间为 400 ms, 接着是 600 ms 的空白刺激。空白刺激后是一个掩蔽刺激, 以点阵方式存在。在此要求被试对实验刺激的方位做出判断, 左右判断对应于 F 和 J 键。注意该研究采用延迟反应范式, 即目标字出现时不要求被试立即反应, 而是等掩蔽刺激出现时才可以反应。目的在于排除按键等手动动作对刺激所引发的脑电波的干扰, 故此, 被试的反应时也是从掩蔽刺激出现那一刻开始计时。按键完毕或者 2000 ms 后掩蔽刺激消失, 接着

是一个 600 ms 的空白和 1000 ms 的眨眼信号, 预示被试可以适当休息眼睛。

由于 ERP 实验要求每个条件下实验刺激至少 40 个, 因而在这里所有刺激包括假字均呈现 3 次, 共 456 个刺激, 分 8 个组块呈现, 每个组块 57 个试次。存在两个 A、B 两个版本, 在 A 版本中如果刺激在屏幕中线左侧呈现, 那么在 B 版本中该刺激将在右侧呈现, 其中约一半被试接受 A 版本, 剩余被试接受 B 版本。整个实验约需 2 h。

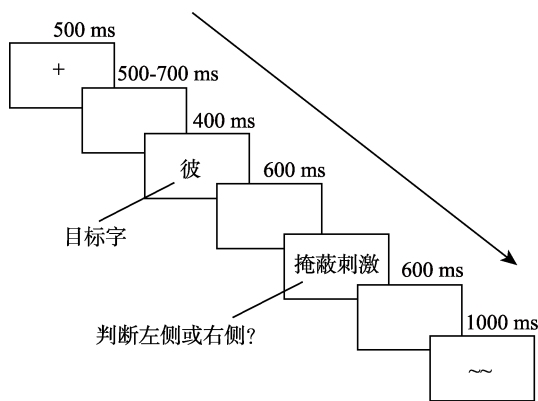


图 1 实验流程图

#### 2.1.4 脑电数据记录、处理与分析

使用 64 导的 Neuroscan 4.3 脑电记录和分析系统, 选用 64 导放大器和 64 导银/氯化银电极帽记录 EEG, 导联方法采用国际 10-20 标准系统。参考电极置于左侧乳突, 右侧乳突为记录电极, 离线处理时以双侧乳突的平均值进行再参考, 头皮中线 FPz 和 Fz 之间中点接地, 同时记录垂直眼电和水平眼电, 每个电极处的头皮电阻保持在 5 k $\Omega$  以下。滤波带通为 0.05~100 Hz, 采样频率为 1000 Hz/导。数据离线分析时滤波带通为 0.05~30 Hz, 分析时程范围是从刺激呈现前 100 ms 到刺激呈现后 500 ms, 并以刺激前 100 ms 作为基线, 自动删除眼电、肌电等伪迹, 波幅大于  $\pm 80 \mu\text{V}$  的记录在处理中也被自动删除。最后将所有的脑电数据进行叠加处理。

运用 SPSS 17.0 统计软件包对 180~230 ms (P200) 和 300~400 ms (N400) 两个时间窗口内的平均波幅进行三因素重复测量方差分析。分析因素为: 部件结合率(HSRC vs. LSRC 或者 HGRC vs. LGRC)  $\times$  大脑半球(左 vs. 右)  $\times$  脑区(前 vs. 中 vs. 后)。根据大脑左右半球和前中后脑区将头皮分为 6 个区域, 每个区域含 6 个电极: 左前(F5, F3, F1, FC5, FC3, FC1), 右前(F6, F4, F2, FC6, FC4, FC2), 左中(C5, C3, C1, CP5, CP3, CP1), 右中(C6, C4, C2, CP6, CP4, CP2),

左后(P5, P3, P1, PO7, PO5, PO3)和右后(P6, P4, P2, PO8, PO6, PO4)。统计中  $p$  值均采用 Greenhouse-Geisser 法校正(Greenhouse & Geisser, 1959)。

## 2.2 结果与分析

### 2.2.1 行为反应结果

因为采用延迟反应范式, 反应时以要求被试做判断的那一屏(掩蔽刺激)出现开始计时, HSRC 和 LSRC 两条件下的反应时分别为 352 ms ( $SD = 89$ ) 和 345 ms ( $SD = 97$ ), 单因素重复测量方差分析结果表明两者差异不显著,  $F(1, 18) = 1.43, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.073$ 。HGRC 和 LGRC 两条件下的反应时分别为 356 ms ( $SD = 100$ ) 和 360 ms ( $SD = 93$ ), 两者差异也不显著,  $F(1, 18) = 0.41, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.022$ 。此外, HSRC 条件下汉字的正确率为 99.2% ( $SD = 1.8\%$ ), LSRC 条件下汉字的正确率为 98.7% ( $SD = 1.5\%$ ), 重复测量方差分析结果表明两者差异不显著,  $F(1, 18) = 1.0, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.053$ ; HGRC 条件下汉字的正确率为 98.9% ( $SD = 1.7\%$ ), LGRC 条件下汉字的正确率为 99.2% ( $SD = 1.0\%$ ), 两者差异也不显著,  $F(1, 18) = 0.52, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.028$ 。假字的反应时为 347 ms ( $SD = 167$ ), 正确率为 98.9% ( $SD = 1.4\%$ )。

### 2.2.2 ERP 实验结果

排除伪迹和错误反应后共有 13.8% 的试次被剔除。图 2 呈现了 HSRC 和 LSRC 条件下的 ERP 结果。重复测量方差分析发现, 在 180~230 ms 时间窗口 SRC 主效应显著,  $F(1, 18) = 5.39, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.23$ 。另外, SRC 与脑区的交互效应边缘显著,  $F(2, 36) = 4.18, p = 0.05, \eta_p^2 = 0.188$ 。简单效应分析发现: SRC 主效应在脑前区 [ $F(1, 18) = 6.60, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.268$ ] 和脑中区 [ $F(1, 18) = 4.99, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.217$ ] 均显著, 在脑后区却不显著,  $F(1, 18) = 0.83, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.044$ 。说明相对于 HSRC 条件, LSRC 在脑前区和脑中区产生了更大波幅的 P200。除此之外, HSRC 和 LSRC 两条件在 N400 时间窗口没有发现任何显著性差异,  $ps > 0.05$ 。

图 3 呈现了 HGRC 和 LGRC 条件下的 ERP 结果。重复测量方差分析结果表明, 在 300~400 ms 时间窗口, GRC 和大脑半球的交互作用显著,  $F(1, 18) = 4.61, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.204$ 。简单效应分析发现, GRC 的主效应在右脑显著,  $F(1, 18) = 5.16, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.223$ ; 在左脑不显著,  $F(1, 18) = 0.50, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.027$ 。这说明与 LGRC 条件相比, HGRC 条件在右脑引发了波幅更大的 N400, 两者在左脑没有差异; 除此之外, HGRC 和 LGRC 两条件在 P200 时

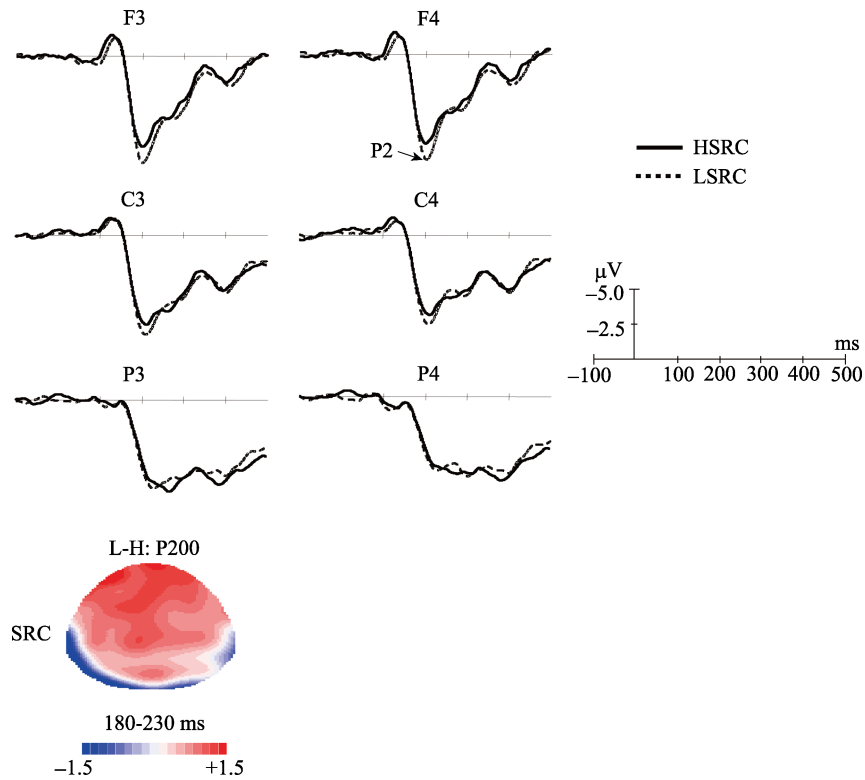


图2 实验1中HSRC和LSRC条件下ERP总波形图以及差异波在180~230 ms的地形图  
(彩图见电子版)

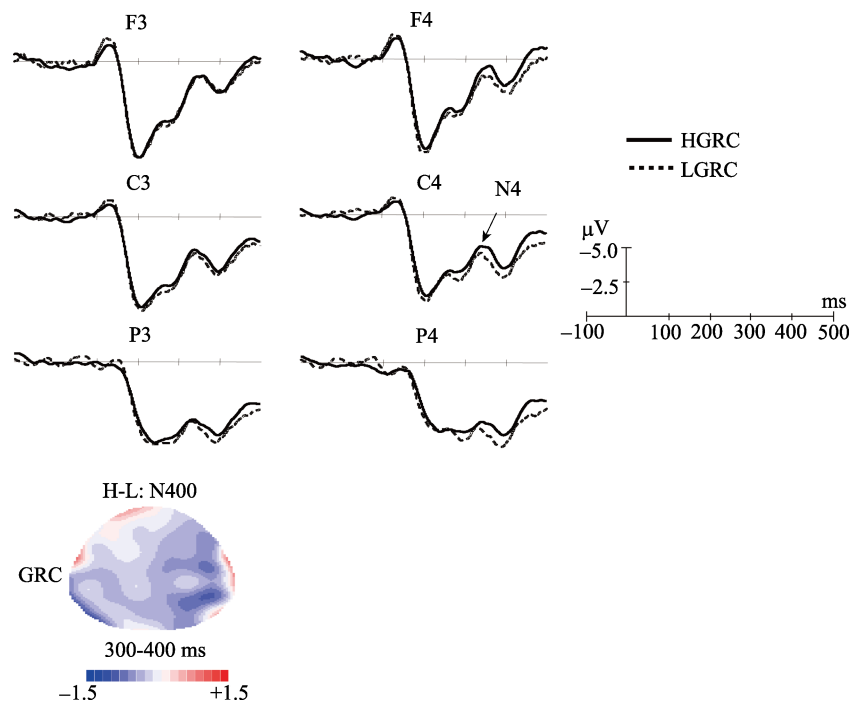



图3 实验1中HGRC和LGRC条件下的ERP总波形图以及差异波在300~400 ms的地形图  
(彩图见电子版)

间窗口没有发现任何显著性差异,  $ps > 0.05$ 。

和以往ERP研究结果一致, 实验1发现在方位

判断任务中, 当以假字为填充材料时, SRC和GRC都可以对汉字的加工产生作用, 而且SRC的作用早

于 GRC, 反映在 P200 的变化上, 而 GRC 的效应表现在稍后出现的 N400 上。然而, 值得注意的是, 实验 1 仍然采用假字为填充刺激, 正如先前分析, 假字的使用存在放大部件位置效应的可能。故此, 在实验 2 中将以简单几何图形(如 )为填充材料, 几何图形与假字不同, 它不会引起个体对汉字正字法规则的过分关注。因此实验 2 是在排除了假字基础上探讨 SRC 和 GRC 对汉字加工的作用。

### 3 实验 2: 以几何图形为填充刺激

#### 3.1 方法

##### 3.1.1 被试

香港中文大学学生 20 名(8 男, 12 女), 年龄 19~27 岁, 平均年龄为 22 岁。均为自愿参加, 完成试验任务后给予一定的劳务报酬。所有被试均为右利手, 裸眼视力或矫正视力均正常, 母语都为普通话, 无语言等神经功能上的缺陷或损伤, 以前从未参加类似的实验。

##### 3.1.2 实验材料

实验 2 与实验 1 采用的汉字材料相同, 但以几何图形作为填充刺激。几何图形是由不同长度和朝向的线条构成的。每个几何图形与汉字在复杂性上相互匹配, 即组成图形的线条数与其对应的汉字在笔画上相互匹配。

##### 3.1.3 实验程序

与实验 1 相同。

##### 3.1.4 脑电数据记录、处理与分析

与实验 1 相同。

#### 3.2 结果与分析

##### 3.2.1 行为反应结果

同实验 1, 反应时指标以掩蔽刺激出现那一刻

开始计时, HSRC 和 LSRC 两条件下的反应时分别为 349 ms ( $SD = 99$ )和 340 ms ( $SD = 107$ ), 单因素重复测量方差分析结果表明两者差异不显著,  $F(1, 19) = 1.21, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.06$ 。HGRC 和 LGRC 两条件下的反应时分别为 342 ms ( $SD = 107$ )和 346 ms ( $SD = 117$ ), 两者差异也不显著,  $F(1, 19) = 0.48, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.025$ 。此外, HSRC 条件下汉字的正确率为 98.8% ( $SD = 1.4\%$ ), LSRC 条件下汉字的正确率为 99.2% ( $SD = 1.5\%$ ), 重复测量方差分析结果表明两者差异不显著,  $F(1, 19) = 1.36, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.067$ ; HGRC 条件下汉字的正确率为 98.7% ( $SD = 2.6\%$ ), LGRC 条件下汉字的正确率为 99.3% ( $SD = 1.4\%$ ), 两者差异也不显著,  $F(1, 19) = 0.92, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.046$ 。几何图形的反应时为 360 ms ( $SD = 106$ ), 正确率为 99.1% ( $SD = 1.1\%$ )。

##### 3.2.2 ERP 实验结果

排除伪迹和错误反应后共有 10.8%的试次被剔除。图 4 呈现了 HSRC 和 LSRC 条件下的 ERP 结果。采用重复测量方差分析, 在两个时间窗口均没有发现任何显著性差异结果,  $ps > 0.05$ 。

图 5 呈现了在 HGRC 和 LGRC 条件下的 ERP 结果。重复测量方差分析表明, 在 300~400 ms 时间窗口, GRC 和大脑半球交互效应显著,  $F(1, 19) = 6.26, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.248$ 。进一步分析发现, 在右脑 GRC 的主效应显著,  $F(1, 19) = 5.19, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.214$ ; 在左脑 GRC 的主效应不显著,  $F(1, 19) = 1.78, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.086$ 。说明与 LGRC 条件相比, HGRC 条件下在右脑所引发的 N400 其平均波幅更大, 而在左脑两者没有差异。除此之外, HGRC 和 LGRC 两条件在 P200 时间窗口没有发现任何显著性差异,  $ps > 0.05$ 。

实验 2 结果表明, 当以简单几何图形替换假字

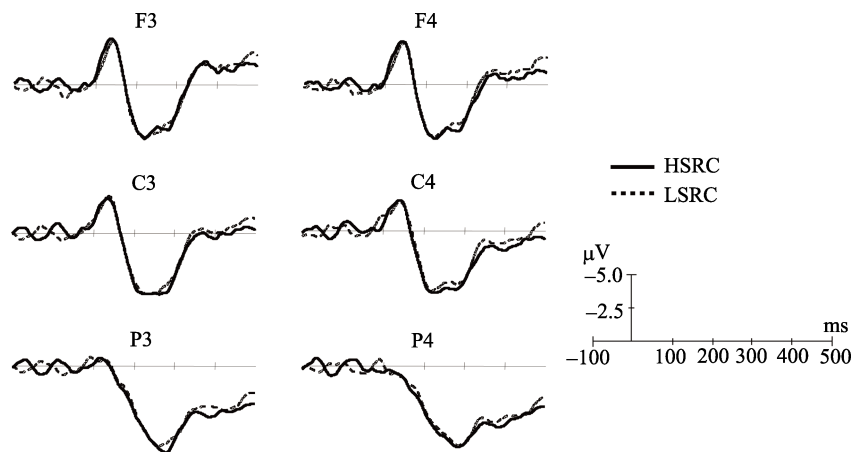


图 4 实验 2 中 HSRC 和 LSRC 条件下 ERP 总波形图



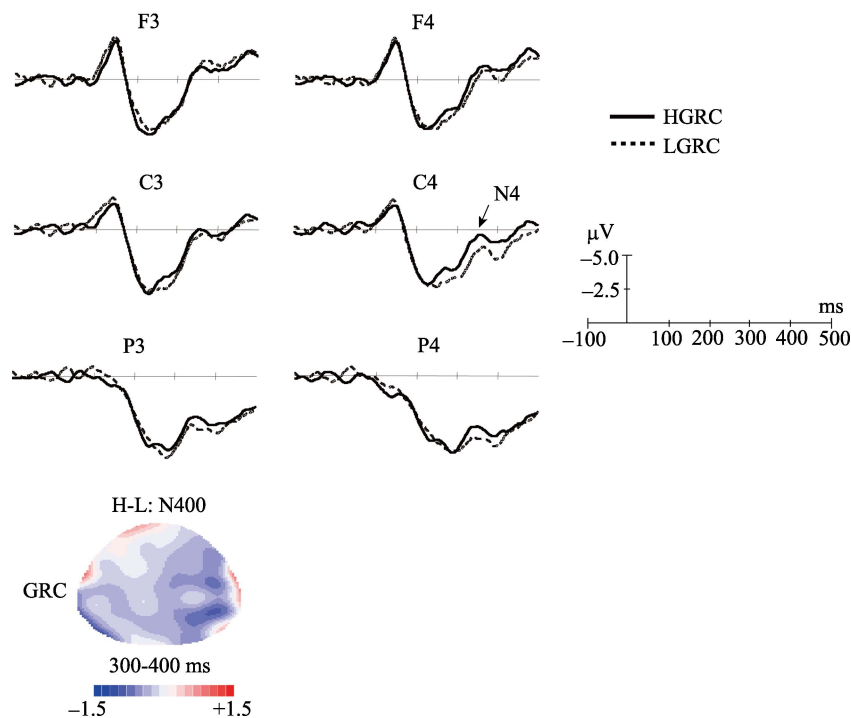


图5 实验2中HGRC和LGRC条件下的ERP总波形图以及差异波在300~400 ms的地形图(彩图见电子版)

作为填充刺激时, SRC 的效应发生了变化, 之前发现的与之相关的P200效应消失了; 但是 GRC效应保持稳定, 仍然表现在大脑半球右侧化偏向的N400效应。

## 4 讨论

采用方位判断任务, 通过操纵部件结合率, 本研究考察了携带位置信息的部件和不携带位置信息的部件在汉字加工中的作用。研究结果显示在一种内隐性的汉字加工任务中, GRC对汉字加工的作用相对稳定, 表现为大脑半球右侧化偏向的N400效应; 而SRC对汉字加工所产生的效应不稳定, 如果存在假字这类刺激时, SRC会引发P200的变化(实验1), 如果不存在假字这样的材料时, P200效应将会消失(实验2)。

首先, 和GRC相关的稳定的N400效应说明, 在汉字加工中GRC的作用不会受到假字存在与否的影响, GRC对汉字加工的作用相对稳定。与此相对应, SRC在P200上的效应会受到假字存在与否的影响, 说明SRC在汉字加工中的作用不稳定, 如果存在线索提示汉字的正字法信息, 部件位置信息就会被关注, 从而产生作用。当然这并非说明个体头脑中不存在携带位置信息的部件表征, 相反, 笔者推测部件应该同时存在携带位置和不携带位

置信息的表征, 否则即使个体注意力偏向部件位置信息, SRC也不可能产生作用。

这一点和Taft(2006)年提出的模型(Multilevel Interaction Activation Model)所预期内容一致。Taft(2006)认为在个体头脑中部件存在携带位置信息和不携带位置信息两种表征, 但是认为不携带位置信息和携带位置信息的部件表征在汉字加工中都会被激活, 两者的差异仅仅表现在时间进程上, 不携带位置信息的部件先被激活, 然后才激活携带位置信息的部件。显然, Taft关于时间进程的观点既不能解释本研究实验1结果也不能解释实验2结果, 实验1中笔者发现SRC的作用早于GRC, 而非如Taft的预期GRC的作用早于SRC; 实验2中当假字不存在时, SRC的效应消失了, 而GRC效应仍然存在。基于本研究结果, 笔者认为携带位置信息部件和不携带位置信息的部件都可以被激活, 但携带位置信息的部件的激活不稳定, 会受到语言材料构成所引发的个体注意偏向的影响。

然而, 值得注意的是, 本研究中所采用的任务是与外显的语言加工无关的方位判断任务, 并未要求个体对汉字进行有意识的语义提取, 是反映汉字加工中无意识的语义提取过程。这与自然阅读时的情况有所差别, 自然阅读时, 要求个体有意识地去理解汉字语义信息。因而, 目前无法预测在自然语

言理解中, GRC 和 SRC 是否也会出现同本研究中相似的结果。然而值得注意的是, 本研究起码证明了材料构成等实验设置是可以调节携带位置信息的部件在汉字加工中的作用。

此外, P200 和 N400 的发现与以往研究结果一致, 在关注正字法家族大小效应的研究中, 研究者 (Hsu et al., 2009; Lee et al., 2007; Taler & Phillips, 2007) 发现家族大的词汇可以引发波幅较小的 P200 和波幅较大的 N400。Lee 等 (2007) 将其归结为两阶段加工模型, 认为在词汇加工中, 家族大的词汇会激活较多的同家族邻近词汇, 这些在词形上相似的邻近词汇会促进目标词汇的词形加工, 反映在波幅较小的 P200 上, 但会干扰到目标词汇的语义提取, 反映在波幅更大的 N400 上。这里笔者采用相似的模式来解释 P200 和 N400 效应, 在 HSRC 条件下, 部件结合率高的汉字邻近字多, 邻近字字形上的相似性促进目标字字形提取, 因而引发的 P200 波幅较小。相反的是, 字形相似的邻近字在目标字语义提取时产生的干扰较大, 因而在 HGRC 条件产生的 N400 波幅较大。至于为什么 SRC 仅与 P200 有关, 而 GRC 仅与 N400 有关? 笔者认为与 SRC 有关的 P200 效应是实验材料构成所引发的注意偏向的结果, 也就是说如果没有明显的实验设置如材料强调汉字正字法信息时, 部件结合率对汉字加工的作用是发生在语义水平上的, 影响汉字的语义提取, 表现在与 GRC 有关的 N400 效应。

至于 HGRC 所引发的 N400 效应只出现在大脑右侧而非左侧, 已有研究中也有类似发现 (Chiarello, 2002; Lavidor & Ellis, 2002; Lavidor, Hayes, Shillcock, & Ellis, 2004; Lavidor & Walsh, 2003; Perea, Acha, & Fraga, 2008)。例如, Lavidor 等 (2004) 在中央凹视野区考察了词汇家族大小效应, 发现左侧视野出现显著的词汇家族效应, 而右侧视野没有出现词汇家族效应。根据中央凹分割理论 (Split Fovea Theory), 在中央凹视野区, 左侧视野的信息投射到右半球, 右侧视野的信息投射到左半球, 因此相对于左半球, 大脑右半球对词汇家族大小效应更敏感。那么为何会出现这种现象呢? Chiarello (2002) 认为大脑左半球接收到的词汇可以快速地进入深度加工或编码, 快到来不及激活正字法邻近词时, 目标词的语义提取已经完成。而右半球对接收的词汇进行深度加工或编码相对滞后, 甚至在开始深度加工或编码时仍然保留对词汇信息早期加工或编码, 因此, 右半球词汇加工有更多的时间激活正字法邻近词, 激活的

邻近词在语义提取阶段引发较强的语义竞争, 家族大小效应表现得更明显。

最后, 值得一提的是, 本研究发现 SRC 效应受到实验材料的调节这一结果与以往采用西文为目标文字探讨正字法家族大小效应的研究结果有所出入。以西文为目标语言, 尽管在行为研究中对一些实验设置如任务对正字法家族大小效应的作用存在一定争议 (Carreiras, Perea, & Grainger, 1997), 如在语词判断任务中, 被试对具有大家族的词汇识别速度明显快于小家族词汇, 表现为促进效应 (e.g., Grainger & Jacobs, 1996), 而在其他任务中则通常表现出抑制效应 (e.g., Pollatsek, Perea, & Binder, 1999), 然而这样的争议在以 ERP 为指标的研究中就不存在了, 研究发现无论抑制还是促进效应都共享相同的神经机制, 反映在相同的 N400 效应上。例如 Holcomb, Grainger 和 O'Rourke (2002) 的研究发现, 无论是在语词判断任务还是在语义分类任务 (semantic categorization task) 中, 和小家族词汇相比, 大家族词汇都会引发波幅更大的 N400。同样采用 ERP 为指标, 本研究却发现一些实验设置如材料的组成会影响 SRC 效应, 虽然本研究只探讨了材料的作用并未涉及任务的影响, 但是这样的结果起码说明, 和西文相比, 中文正字法家族大小效应要复杂得多, 故此以西文为目标文字的研究结果不能简单推论到中文的加工中, 因而要建立完善的正字法家族大小效应模型, 需要来自不同文字加工的研究证据。

## 5 结论

结果肯定了部件结合率在汉字加工中的作用, 但是携带位置信息的部件结合率在汉字加工容易受到假字所引发的注意偏向的影响, 而不携带位置信息的部件结合率在汉字加工中的作用相对稳定。

## 参考文献

- Carreiras, M., Perea, M., & Grainger, J. (1997). Effects of the orthographic neighborhood in visual word recognition: Cross-task comparisons. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 857–871.
- Chauncey, K., Holcomb, P. J., & Grainger, J. (2008). Effects of stimulus font and size on masked repetition priming: An event-related potentials (ERP) investigation. *Language and Cognitive Processes*, 23(1), 183–200.
- Chiarello, C. (2002). Parallel systems for processing language: Hemispheric complementarity in the normal brain. In M. T. Banich, & M. Mack (Eds.), *Mind, brain and language: Multidisciplinary perspectives*, (pp. 229–247). Mahwah, NJ:



- Erlbaum.
- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J. T., & Besner, D. (1977). Access to the internal lexicon. In S. Dornic (Ed.), *Attention and Performance, VI*, (pp. 535–555). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ding, G., Peng, D., & Taft, M. (2004). The nature of the mental representation of radicals in Chinese: A priming study. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2), 530–539.
- Dufau, S., Grainger, J., & Holcomb, P. J. (2008). An ERP investigation of location invariance in masked repetition priming. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(2), 222–228.
- Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: A multiple read-out model. *Psychological Review*, 103, 518–565.
- Greenhouse, S. W., & Geisser, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24(2), 95–112.
- Holcomb P. J., Grainger J., & O'Rourke T. (2002). An electrophysiological study of the effects of orthographic neighborhood size on printed word perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(6), 938–950.
- Hsu, C. H., Tsai, J. L., Lee, C. Y., & Tzeng, O. J. L. (2009). Orthographic combinability and phonological consistency effects in reading Chinese phonograms: An event-related potential study. *Brain and Language*, 108(1), 56–66.
- ISO 10646. The Building Blocks of ISO/IEC 10646 Migration-Hong Kong Glyph Specification and Assisting Tools” (on line). Retrieved June 9, 2013, from <http://glyph.iso10646hk.net/index.jsp/>
- Lai, C., & Huang, J. (1988). Component migration in Chinese characters: Effects of priming and context on illusory conjunction. In I. M. Liu, H. C. Chen, & M. J. Chen (Eds.), *Cognitive aspects of the Chinese language* (Vol. 1, pp. 57–67). Hong Kong: Asian Research Service...
- Lavidor, M., & Ellis, A. W. (2002). Orthographic neighborhood effects in the right but not in the left cerebral hemisphere. *Brain and Language*, 80(1), 63–76.
- Lavidor, M., Hayes, A., Shillcock, R., & Ellis, A. W. (2004). Evaluating a split processing model of visual word recognition: Effects of orthographic neighborhood size. *Brain and Language*, 88(3), 312–320.
- Lavidor, M., & Walsh, V. (2003). A magnetic stimulation examination of orthographic neighborhood effects in visual word recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 354–363.
- Lee, C.-Y., Tsai, J.-L., Chan, W.-H., Hsu, C.-H., Hung, D. L., & Tzeng, O. J. (2007). Temporal dynamics of the consistency effect in reading Chinese: An event-related potentials study. *Neuroreport*, 18(2), 147–151.
- Li, H., & Chen, H.-C. (1999). Radical processing in Chinese character recognition: Evidence from illusory conjunction. *Psychological Science*, 22(3), 213–217, 286.
- [黎红, 陈烜之. (1999). 汉字识别中的部件加工: 错觉性结合实验的证据. *心理科学*, 22(3), 213–217, 286.]
- Lin, S. E., Chen, H. C., Zhao, J., Li, S., He, S., & Weng, X. C. (2011). Left-lateralized N170 response to unpronounceable pseudo but not false Chinese characters—the key role of orthography. *Neuroscience*, 190, 200–206.
- Perea, M., Acha, J., & Fraga, I. (2008). Lexical competition is enhanced in the left hemisphere: Evidence from different types of orthographic neighbors. *Brain and Language*, 105(3), 199–210.
- Pollatsek, A., Perea, M., & Binder, K. (1999). The effects of “neighborhood size” in reading and lexical decision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 25, 1142–1158.
- Taft, M. (2006). Processing of characters by native Chinese readers. In P. Li, L. H. Tan, E. Bates, & O. J. L. Tzeng (Eds.), *Handbook of east Asian psycholinguistics* (Vol. 1, pp. 237–249). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Taft, M., & Zhu, X. (1997). Submorphemic processing in reading Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(3), 761–775.
- Taft, M., Zhu, X., & Ding, G. (2000). The relationship between character and radical representation in Chinese. *Acta Psychologica Sinica*, 32(Suppl.), 3–12.
- Taft, M., Zhu, X. P., & Peng, D. L. (1999). Positional specificity of radicals in Chinese character recognition. *Journal of Memory and Language*, 40, 498–519.
- Taler, V., & Phillips, N. A. (2007). Event-related brain potential evidence for early effects of neighborhood density in word recognition. *Neuroreport*, 18(18), 1957–1961.
- Tsang, Y. K., & Chen, H. C. (2009). Do position-general radicals have a role to play in processing Chinese characters? *Language and Cognitive Processes*, 24(7-8), 947–966.
- Wu, Y., Mo, D., Tsang, Y. K., & Chen, H. C. (2012). ERPs reveal sub-lexical processing in Chinese character recognition. *Neuroscience Letters*, 514(2), 164–168.
- Yeh, S. L., & Li, J. L. (2002). Role of structure and component in judgments of visual similarity of Chinese characters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(4), 933–947.

## ERP effects of Radical Combinability in Chinese Character Recognition

WU Yan<sup>1</sup>; WANG Xieshun<sup>1</sup>; CHEN Hsuan-chih<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> School of Psychology, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

(<sup>2</sup> Department of Psychology, Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China)

### Abstract

Prior research on sublexical processing in Chinese character recognition has almost consistently found that radicals were involved in lexical access. However, it is still controversial about the question of how radicals were accessed. For example, it remained unclear that whether sublexical processing relied on radical position information. Close examination to previous studies, we found material compositions might be an important factor that accounted for the different effects of radical positions in lexical access. For example, studies in which illegal characters were used as fillers showed strong positional effects. In contrast, studies in which illegal characters were not employed demonstrated the significant effects of position-general radicals instead of position-specific radicals.

Following this argument, the present study was conducted with two purposes. First, by manipulating radical combinability, we aimed to investigate the roles of position-general and position-specific radicals in Chinese character recognition. Second, we examined the question of whether the existence of illegal characters would influence effects of position-specific radicals by changing the composition of materials.

We recorded participants' brain responses using event-related brain potentials. Two types of radical combinability were manipulated: the number of characters containing a specific radical at a particular position (i.e., position-specific radical combinability, SRC), and the number of characters containing a specific radical irrespective of position (i.e., position-general radical combinability, GRC). Orientation decision task was employed, in which a stimulus (a character or filler) was not presented at the center of the screen, but slightly to the right or the left. The participants were required to judge whether the target stimulus appeared on the right or the left, relative to the fixation at central of the screen. This procedure would not draw participants' attention to orthographic information and make characters process implicitly. In addition, we manipulated the type of fillers across different experiments, with Experiment 1 employing illegal characters as fillers, whereas Experiment 2 using geometric figures as fillers.

Results revealed that in the implicit task, effects of GRC appeared to be stable. More specifically, no matter which types of fillers were used (i.e., illegal characters or geometric figures), characters with high GRC evoked a larger right-brain lateralized N400 effect as compared with the items with low GRC. However, effects of SRC were influenced by material compositions. When using illegal characters as fillers, Characters with low SRC elicited a larger P200 than their high SRC counterparts. However, when replacing illegal characters with geometric figures, the P200 effect disappeared. These findings confirm the role of radical combinability in Chinese character recognition. Findings of the present study also suggest that the role of GRC might be relatively stable across different materials, while the effect of SRC might be enlarged by the existence of illegal characters. We argued that this might be due to the fact that illegal characters were generated by violating one or some of Chinese orthographic rules, which may sensitize participants to orthographic information. Radical position, as an important feature of Chinese orthography, might be over attended.

**Key words** radical; radical combinability; Chinese character recognition; ERPs