

汉语双音节词中声调和音节音段信息的加工*

王曼 刘帅 张家欢 布占廷

(青岛大学外语学院, 青岛 266071)

摘要:音韵编码是言语产出中的重要环节,但研究多集中在音段信息加工,超音段信息加工尚未引起足够重视。使用掩蔽启动范式可以探究声调在汉语双音节词音韵编码过程中的作用。实验结果发现:(1)在双音节词编码早期,声调与音节音段的主效应和交互效应显著,共享的声调与音节音段表征显著促进命名;(2)在双音节词编码后期,声调独立效应显著,即当启动词与目标词仅共享声调表征时会促进命名。结果表明,声调作为韵律框架,具有编码稳定性及独立性,但仍受音节音段信息影响,具体表现为双音节词中音节-韵律框架的组合。作为汉语特色的韵律单元,声调的编码方式与WEAVER++模型中的理论一致。

关键词:言语产出;声调;音段;心理加工

中图分类号:B842.5

文献标志码:A

文章编号:1003-5184(2025)04-0331-08

1 引言

言语产出是指说话人对概念进行加工,并生成可发声的言语形式的过程(Levelt et al., 1999)。根据WEAVER++模型(Word-form Encoding by Activation and VERification, Levelt et al., 1999; Roelofs, 1997; Roelofs & Meyer, 1998),在言语产出的过程中,说话人从心理词典中获取到具有句法及语义特征的词条后,仍需对其进行语音加工,该过程被称为单词形式编码或音韵编码。在此过程中,说话人分别平行地获取到词条的音段信息以及韵律结构,并以从前往后的方式,将音段信息依次嵌入韵律槽中,完成音段-韵律框架的结合,在此过程中生成的音韵词激活心理音节表,并指导发音,从而完成整个发音过程(周晓林等, 2003; 张清芳, 杨玉芳, 2004; Levelt et al., 1999; Roelofs, 1997; Roelofs & Meyer, 1998; Schiller, 2006; Schiller et al., 2003; Wheeldon & Levelt, 1995; Zhang & Damian, 2009; Zhang & Zhu, 2011)。

对于汉语音韵编码过程的研究,主要围绕两个主题展开:(1)音节与音段在音韵编码过程中发挥的作用及其时间进程;(2)声调在音韵编码过程中的作用。根据合适单元假设(the Proximate Unit Hypothesis, O'Seaghdha et al., 2010),非带调音节作为汉语音韵编码的独立加工单元被存储在心理词典中,随后,在音节内部,说话人需单独提取音段信息

与声调信息,前者被激活后匹配上声调,经在线音节化完成两者的整合。以往研究多集中于前者,即对汉语音韵编码过程的首要加工单元进行探讨(张清芳, 杨玉芳, 2005; 王曼, 张家欢, 2025; Chen et al., 2002; Chen et al., 2003; O'Seaghdha et al., 2010; Wong & Chen, 2008; You et al., 2012),对后者声调的探究较少。然而,声调作为超音段信息,与音节结构、音节数量同属韵律信息的一部分,具有区别词汇意义的作用,是汉字整体音节结构中不可缺少的成分(Duanmu, 1999; Repp & Lin, 1990; Ye & Connine, 1999; Zhou & Zhuang, 2000; 张积家, 王惠萍, 2001)。

基于自然语误分析,Chen(1999)发现声调发生语误的情况少于音段,且当音节内部音段位置出现交换时(如讯息/xun⁴xi¹/-/xin⁴xu¹/),声调受错误音段信息干扰较小。然而,在非词纠正实验中(Wiener & Turnbull, 2016),如su³(该声调与音节的组合在汉语中为非词),被试通过替换亚词汇范畴(如元音、辅音与声调)纠正非词时,对声调的调整多于对音段的调整,说明声调在产出时所受限制较小。此外, Alderete等人(2019)通过建立语料库(SFUSED Cantonese 1.0)对粤语语误进行分析,发现声调与音段信息被同时提取,但在编码时声调会滞后于音段信息。同时,与印欧语系中对应的重音结构相比,声调作为次音节成分,在自然语误中出现频率更高,支持了声调具有独立表征的理论(Al-

* 基金项目:国家社科基金青年项目“高功能孤独症儿童语言产出加工的认知神经机制研究”(24CYY098)。

derete, 2023)。由此可见,声调作为框架形式的韵律结构,具有独立性与稳定性,并在言语产出过程中具有与音段相分离的表征。

此外,有研究发现,声旁的声调对形声字的命名具有重要影响。当声旁的声调与整字声调相同时会促进整字命名,反之,会阻碍整字命名(张积家,王惠萍,2001)。以上结果说明,在汉字激活过程中,声调作为声旁的亚词汇成分,能够自动激活,并参与整字加工。

然而,在以往针对单字词的实验中,始终没有发现显著的独立声调效应。Chen等(2002)使用内隐启动范式,将声调纳入对汉语音韵编码单元的探讨,设置了启动词与目标词仅有声调相同的分组,如“蔬菜/shu¹cai⁴/ - 青椒/qing¹jiao¹/”。在正式实验中,被试根据启动词的提示,准确快速地说出目标词。通常情况下,由于启动词与目标词之间的共享表征重复出现,因此其在被试命名过程中处于持续激活模式,这使得说话人在连续命名过程中对其提取更快,表现为较短的命名反应时。然而,该研究并没有发现声调的促进效应,相反,在实验中发现了相同声调情况引起的微弱抑制效应,说明声调并不能作为早期独立的加工单元参与汉语音韵编码。

在心理语言学的启动实验中,除单独声调外,声调与音段结合亦能产生抑制作用(张清芳,2008; Chen et al., 2002; Wong & Chen, 2009, 2015)。由于汉语的特殊性,相同音段与不同声调结合,对应不同的汉字。因此,与目标项同音不同调的非目标项,在音韵编码后期激活,与目标项产生竞争,抑制言语产出(Chen et al., 2002)。然而,使用粤语作为实验材料,研究发现声调与音段会产生交互作用,即声调与音段都一致的情况下,促进命名进程(Wong & Chen, 2015)。说明声调在言语产出过程中的作用并不总是抑制干扰,声调的激活与音段结合,向上反馈到词汇层面,从次音节表征对言语产出过程产生影响。

除声调加工方式外,学者亦就音韵编码过程中声调效应的时间进程展开讨论(张清芳,杨玉芳,2004; Chen et al., 2002; Chen et al., 2003; Wong & Chen, 2008; Zhang & Zhu, 2011; Zhang & Damian, 2009; Zhou & Zhuang, 2000)。Zhang和Zhu(2011)使用Go/noGo范式探究了声调在音节内部的编码进程,结果发现被试对声母的判断快于声调及韵母,说明在单词内部亚词汇特征的编码中,声母的编码

要早于声调与韵母。在单音节字中,说话人首先提取到音节表征,随后音节表征分解为音段信息与声调信息,在这一过程中,说话人首先对声母进行加工,随后将声调与韵母进行匹配,最后将三者信息组合起来。因此,声调需要在汉语单音节字编码过程中被独立激活,并在编码过程后期与韵母信息整合,以声母-韵母+声调的形式生成音韵词,促进单词命名过程。

总结国内外现有研究发现,声调等韵律结构发挥作用时,多以辅助音节或音节的一部分(如韵母等)的形式进行。同时,鉴于鲜有研究发现由韵律结构单独引起的启动,从而判断,韵律结构需与音段信息结合,完成音段-韵律信息的在线整合,参与音韵编码过程(张清芳,杨玉芳,2004,2005; Burani & Arduino, 2004; Chen et al., 2002; Chen et al., 2003; Sulpizio & Job, 2015; Wong & Chen, 2015; Zhang & Damian, 2009; Zou et al., 2022; Zhou & Zhuang, 2000)。

除上述言语产出的实验结果外,从言语感知的角度来看,汉语母语者对于声调与音段组合的感知更强,但换作对声调并不敏感的英语母语者被试,韵母相同声调不同的情况要比声调相同韵母不同的情况更容易造成显著干扰(Repp & Lin, 1990)。可见声调本身具有一定的独立性,甚至可以在一定程度上影响言语感知过程。

总结来看,目前学界对于声调的理解在于:(1)声调存储在心理词典中,并具有独立于音段信息的表征(Chang & Hsieh, 2022; Lee, 2007; Li et al., 2013; Sereno & Lee, 2014; Ye & Connine, 1999);(2)声调并不是音韵编码的主要加工单元,需与音段信息组合影响发音过程(Chen et al., 2002; Zhang & Zhu, 2011; Zhou & Zhuang, 2000; 张积家,王惠萍,2001)。然而,需要注意的是,以往研究多数集中于单音节字或双音节词的首字,在一定程度上忽视了声调具有的韵律框架的整体性和稳定性,如,当声调以双音节框架的形式出现时,其提取方式如何?将如何参与到跨音节编码过程?前人研究表明,声调在单音节字或双音节词中首字的加工受音节影响(张积家,王惠萍,2001;张清芳,杨玉芳,2005; Chen et al., 2002; Chen et al., 2003; Wong & Chen, 2008; Zhang & Damian, 2009; Zhang & Zhu, 2011),但是,声调在双音节词尾字加工时的作用尚未可知。

对比单音节字,双音节词以成对的形式存储在

心理词典中,并以框架形式提取(Bi et al., 2007; Janssen et al., 2008),因此,双音节词的韵律框架偏向于连贯的韵律结构,更具有稳定性。然而,在针对双音节或多音节词的研究中,存在语言特异性。英语中复合词等多音节词的编码形式为从前往后的序列式加工,被试无法提前激活尾音节并对其进行编码(Jacobs & Dell, 2014),而汉语中,被试可以提前对尾字的音节信息进行激活并影响整词的产出(Chen & Chen, 2015)。这可能受到中英双语正字法及加工单元的影响,导致两种语言内词汇加工通路存在差别,从而影响词汇加工过程(Li et al., 2015)。

基于上述背景,从汉字韵律框架的结构特征出发,本研究采用掩蔽启动范式,操纵启动项与目标项首字(实验一)、尾字(实验二)中声调与音节音段的相关性,对被试命名汉语双音节词的反应时进行分析,旨在探究声调与音节音段对汉语双音节词首、尾字产出的影响,以及声调与音节音段在双音节词产出过程中的加工机制。掩蔽启动范式因其序列性特征,对语音加工进程,尤其是音段-韵律信息的整合过程十分敏感(Dimitropoulou et al., 2010; Kinoshita, 2000; Kinoshita & Norris, 2012; Kinoshita & Verdon-schot, 2020; Sulpizio & Job, 2015),还能在很大程度上降低启动项的视觉刺激,减少被试在实验中使用策略的可能性(Ferrand, 1995)。

2 实验一 汉语双音节词首字声调和音段的加工过程

2.1 方法

2.1.1 被试

共有30名学生参加本次实验。其中,男性4人,女性26人,年龄19~24岁之间,平均年龄 $M = 19.6$ 岁($SD = 1.22$)。一些事物的通俗命名可能存在地域差异,为提高命名的一致性,所有被试均为北方人,右利手,视力或矫正视力正常。所有被试在实验后获得一定报酬。

2.1.2 实验材料

实验一的材料为112对汉语单音节字-双音节词,其中汉语单音节字为启动项,双音节词为目标项。实验材料按照启动项与目标项首字的关系分为4组条件,分别为启动项与目标项首字的声调与音节音段全部相同(T+S+,如“羊-阳光”)、声调相同而音节音段不同(T+S-,如“税-问题”)、声调不同而音节音段相同(T-S+,如“妻-汽车”)、声

调与音节音段全部不同(T-S-,如“雪-铃铛”)。启动项与目标项在四种条件下,词频上均无显著差异,分别为 $F(3, 108) = 1.852, p = 0.147$; $F(3, 108) = 2.094, p = 0.085$ 。实验所用启动材料与目标材料的视觉复杂度(即汉字的笔画),差异也未达到显著水平,分别为 $F(3, 108) = 2.152, p = 0.098$ 。除此以外,启动词与目标词之间语义或字形均不相关。表1列举了启动项与目标项的字频、笔画的平均数与标准差。

表1 启动项与目标项的字频、笔画的平均数与标准差

	启动项	目标项
词频	2.82(0.60)	2.83(0.69)
视觉复杂度	8.82(2.45)	15.94(4.42)

2.1.3 实验设计

2×2被试内设计,自变量为启动项与目标项首字中声调或音节的一致性,每组变量包含两个水平(相同或不相同),因此实验共包含4个实验条件,每个条件包含28对试次,共包含112组试次。实验材料总共分为7组,每组16对试次,各试次以伪随机方式呈现,确保相同的条件不会连续出现。实验材料的呈现顺序在被试间进行平衡。

2.1.4 实验程序

实验由DMDX软件(Forster & Forster, 2003)运行,电脑显示屏为15英寸,刷新率为60 Hz。被试距离电脑屏幕约70 cm,语音数据由DMDX软件收集,并使用CheckVocal(Protopapas, 2007)对数据进行纠正。

实验包括练习环节与正式环节。主试将实验注意事项讲解予被试,并开始练习环节。如果被试在练习环节出错,主试负责纠正并再次重申实验注意事项。被试了解实验流程后,进行实验正式环节。正式实验时,首先在电脑屏幕中间出现注视点“+”符号,持续时间500 ms,要求被试注视屏幕,接着注视点消失,在原有位置出现前掩蔽“@@”符号,持续时间504 ms,前掩蔽符号消失后出现启动项49 ms,之后出现后掩蔽“@@”符号14 ms,最后后掩蔽符号消失,目标项出现,被试要求在2000 ms内命名目标项。为避免融合效应,启动项与目标项字体不同,分别为楷体与宋体,字体大小皆为二号。主试记录被试命名正确与否,整个实验持续时间大约为15分钟。

2.2 结果

删除实验一命名不正确的数据点28个,包括被

试命名错误以及失误反应情况,如“嗯,额”等引起的其他声音刺激,删除三个标准差以外的极端值 17 个,删除数据占总数据 1.33%,因此实验一只对反应时做统计分析。表 2 所示为各条件下的命名平均反应时与错误率。

对反应时进行被试内(F_1)与项目内(F_2)的重复测量方差分析发现,声调主效应的被试分析显著, $F_1(1,29) = 4.774, p = 0.037, \eta_p^2 = 0.141$,项目分析不显著, $F_2(1,27) = 0.486, p = 0.492, \eta_p^2 = 0.018$;音节音段主效应的被试分析显著, $F_1(1,29) = 22.509, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.437$,项目分析显著, $F_2(1,27) = 4.606, p = 0.041, \eta_p^2 = 0.146$;声调及音节音段的交互作用在被试分析达到显著水平, $F_1(1,29) = 11.368, p = 0.002, \eta_p^2 = 0.282$,在项目分析时则不显著, $F_2(1,27) = 1.703, p = 0.203, \eta_p^2 = 0.059$ 。

由于声调和音节音段主效应和交互作用均显著,故针对交互作用做事后比较。简单效应分析结果显示,声调的简单效应显著, $F(1,29) = 15.155, p = 0.001, \eta_p^2 = 0.343$ 。在声调和音节音段皆相同情况下(T+S+),被试的命名反应时具有显著差异,显著快于声调不同、音节音段相同的情况(T-S+)(-9 ms);而音节音段不相同情况下(T+S-VS T-S-),声调是否相同不会显著影响被试的命名反应时, $F(1,29) = 1.064, p = 0.311, \eta_p^2 = 0.035$ 。

此外,音节音段的简单效应显著, $F(1,29) = 22.125, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.433$ 。声调和音节音段皆相同情况下(T+S+),被试的命名反应时具有显著差异,显著快于声调相同、音节音段不同的情况(T+S-)(-16 ms);而即使声调不相同(T-S+VS T-S-),音节音段简单效应仍显著, $F(1,29) = 5.938, p = 0.021, \eta_p^2 = 0.170$,音节音段相同时的命名反应时显著快于音节音段不同时的命名反应时(-4 ms)。

表 2 启动项与目标项首字声调与音节条件下的命名平均反应时(标准差)与错误率

	T+S+	T+S-	T-S+	T-S-
反应时(s)	599(52)	615(47)	608(47)	612(46)
错误率(%)	0.24	2.14	1.67	1.30

3 实验二 汉语双音节词尾字声调和音段的加工过程

3.1 方法

3.1.1 被试

共有 30 名学生参加本次实验。其中,男性 12 人,女性 18 人,年龄 20~24 岁之间,平均年龄 $M = 22.6$ 岁($SD = 1.35$)。所有被试均为北方人,右利手,视力或矫正视力正常,在实验后获得一定报酬。

3.1.2 实验材料

实验二设置的条件基于启动项和目标项尾字的关系,即启动项与目标项尾字的声调与音节音段全部相同(“声-学生”)、声调相同而音节音段不同(“泉-蜗牛”)、声调不同而音节音段相同(“李-权利”)、声调与音节音段全部不同(“广-监狱”)。启动项与目标项在四种条件下,词频上皆无显著差异,分别为 $F(3,108) = 1.158, p = 0.329$; $F(3,108) = 1.253, p = 0.294$,两者在视觉复杂度的差异也未达到显著水平,分别为 $F(3,108) = 2.98, p = 0.053$; $F(3,108) = 1.838, p = 0.145$ 。启动词与目标词的语义与字形皆不相关。

当被试在命名双音节词尾字时,由于首字率先激活并编码,因此会对尾字产生一定影响,基于此,实验材料中首字与尾字无语音相似性,力求规避无关条件带来的额外影响。表 3 列举了启动项与目标项的字频、笔画的平均数与标准差。

表 3 启动项与目标项的字频、笔画的平均数与标准差

	启动项	目标项
词频	3.82(0.65)	2.83(0.87)
视觉复杂度	8.02(3.11)	16.18(4.97)

3.1.3 实验设计

实验二采用的实验设计与实验一相同。需要注意的是,实验二中控制的变量为单音节字与双音节词尾字在音节音段与声调上的一致性。

3.1.4 实验程序

实验二采用的实验程序与实验一相同。

3.2 结果

删除实验二命名不正确的数据点 93 个,包括被试命名错误以及失误反应情况,如“嗯,额”等引起的其他声音刺激,删除三个标准差以外的极端值 29 个,删除数据占总数据 3.63%,只对反应时做统计分析。表 4 所示各条件下的命名平均反应时与错误率。

对反应时进行被试内(F_1)与项目内(F_2)的重复测量方差分析发现,声调主效应的被试分析显著, $F_1(1,29) = 14.162, p = 0.001, \eta_p^2 = 0.328$,项目分析不显著, $F_2(1,27) = 3.460, p = 0.074, \eta_p^2 = 0.114$;音节音段主效应的被试分析与项目分析均未达到显著

水平, $F_1(1, 29) = 0.016, p = 0.901, \eta_p^2 = 0.001, F_2(1, 27) = 0.001, p = 0.975, \eta_p^2 = 0.000$; 声调及音节音段的交互作用显著, $F_1(1, 29) = 6.665, p = 0.015, \eta_p^2 = 0.187$, 项目分析不显著, $F_2(1, 27) = 0.920, p = 0.346, \eta_p^2 = 0.033$ 。

针对声调及音节音段的显著交互作用进行事后比较。简单效应分析结果显示, 音节音段相同情况下(T+S+ VS T-S+), 声调相同与否并不会造成被试命名反应时的显著差异, $F(1, 29) = 0.534, p = 0.471, \eta_p^2 = 0.018$; 而音节音段不同时(T+S- VS T-S-), 声调相同与否会造成被试命名反应时的显著差异, $F(1, 29) = 20.104, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.409$ 。当声调相同音节音段不同时(T+S-), 命名反应时显著快于声调、音节音段皆不同的情况(T-S-), 表现为声调促进效应(-11 ms)。声调相同情况下(T+S+ VS T+S-), 音节音段相同与否不会显著影响被试的命名反应时, $F(1, 29) = 1.858, p = 0.183, \eta_p^2 = 0.060$; 声调不同情况下(T-S+ VS T-S-), 音节音段相同与否会显著影响被试的命名反应时, $F(1, 29) = 4.739, p = 0.038, \eta_p^2 = 0.140$ 。声调不同、音节音段相同情况下的命名反应时显著快于声调、音节音段皆不同的情况, 表现为音节音段的促进效应(-5 ms)。

表4 启动项与目标项首字声调与音节条件下的命名平均反应时(标准差)与错误率

	T+S+	T+S-	T-S+	T-S-
反应时(s)	613(42)	609(42)	615(41)	620(43)
错误率(%)	3.69	4.64	2.5	3.69

4 讨论

实验一和实验二采用掩蔽启动范式, 探究了声调与音节音段对汉语双音节词首、尾字产出的影响, 以及声调与音节音段在双音节词产出过程中的音韵编码加工机制。最终旨在验证声调作为韵律框架, 在汉语双音节词汇成对提取过程中, 独立于音节音段的潜在作用。

4.1 声调与音节音段对汉语双音节词首字产出的影响

在实验一中, 以双音节中首字作为考察对象, 发现声调的主效应与音节音段的主效应, 以及两者的交互作用, 说明声调与音节在汉字言语产出过程中被独立激活, 并且参与到编码过程中, 这与前人研究结果一致(Chen et al., 2002; 岳源, 张清芳, 2015)。

根据事后多重比较的结果, 实验发现声调的促

进效应, 具体表现为在启动词与目标词共享音节音段信息的基础上, 声调相同时(T+S+)比仅有音节音段相同时(T-S+)命名反应时更短, 说明在此条件下, 声调促进了命名过程。这一结果符合合适单元假设(O'Seaghdha et al., 2010), 说明两者的结合更快地促进了字词的命名。这意味着声调与音节的组合是汉语双音节词编码的加工单元(Chen et al., 2002; 陈煦海, 黄希庭, 2010; 张清芳, 2008; 张清芳, 杨玉芳, 2005)。

然而, 当音节音段信息不同时, 声调对命名反应时的影响并没有达到显著水平。其中一个可能的解释是, 尽管说话人在启动词中对声调信息进行编码, 但由于双音节词首字编码从音节音段开始提取, 声调的激活发生在音节音段的提取过程之后, 当编码进行到双音节词首字时, 此前对启动词声调信息的激活逐步消退, 无法延续到后续激活过程, 因此单独声调不足以促进命名过程。以上结果在其他范式中也得证实, 如Chen等人(2002)使用的内隐启动范式、张清芳和杨玉芳(2005)使用的图画-词汇干扰范式。被试在面对不同的实验范式时, 使用的加工途径不尽相同, 以上研究从字形加工以及概念加工路径, 皆证实了双音节词首字声调未出现积极作用的结论。由此可见, 声调并不是双音节词首字产出过程中的独立计划加工单元, 声调被激活后需要以与音段组合的形式参与到音韵编码过程中。

此外, 在实验一中亦观察到了音节促进效应。尤其当启动项与目标项共享声调与音节信息时, 产生了显著的促进效应。这一现象支持了音节是汉语言语产出过程中的加工单元的结论(Chen et al., 2002; 张清芳, 2008; 张清芳, 杨玉芳, 2005)。音节与声调的结合作为一个完整的加工单元, 在音韵编码过程中产生了更强的命名促进效应。

4.2 声调与音节音段对汉语双音节词尾字产出的影响

继双音节词中首字的编码方式, 本研究关注双音节词尾字的编码过程, 尤其是声调作为韵律框架的编码。前人研究多关注单音节字或双音节词首字的音韵编码, 因此对于尾字音韵编码的探讨, 具有一定的创新性。

在实验二尾字加工中, 观测到声调的主效应显著, 说明声调在双音节词尾字中被激活, 并独立于音段进行加工。反应时结果显示, 汉语双音节词尾字产出过程中, 声调具有命名促进效应, 这与首字加工中

的效应是类似的。此外,声调与音节音段的交互作用显著,出现了音节音段不同时,由声调主导的促进效应,该效应甚至要大于同音同调(T+S+)水平。基于此可以推测,在双音节词中,首字的声调编码过程发生在相对晚期阶段,经过首字中声母与韵母+声调的整合,信息过渡到双音节词尾字,这时尾字的声调信息已受到刺激并被激活完毕,等待与音段信息进行匹配。然而,由于声调激活的状态存在阈值,声调一旦激活,如果未能在该状态内与音段信息完成整合,其激活水平就会逐渐退回到基线模式。当说话人完成对首字的编码,进而准备整合音段信息时,声调的激活已经退回基线水平。因此,在实验二中,并没有观察到显著的声调与音节促进效应。

4.3 声调与音节音段在双音节词产出中的加工方式

声调作为韵律信息的一部分,对于双音节词中声调在心理词典的存储和表征方式有两点猜测。第一,声调信息很有可能是以两位槽的形式存在。当说话人命名目标词时,首先获取到音节信息,稍后音节被划分为音段与声调,而声调框架被获取后,由于其较音节音段的音韵复杂度低(Zhou & Zhuang, 2000),因此编码速度要快于音段信息本身,具体表现为,首字中较晚时间段的提取与尾字中的快速激活。第二,音节边界对于声调的影响需要关注。Wheeldon 和 Levelt (1995)在使用荷兰语对音节边界进行考察时,发现说话人在命名第二个音节中的首音段时出现延迟;Jansma 和 Schiller (2004)同样监测到,在荷兰语中,音节边界后的音段在编码时慢于音节边界前的音段。以上研究都说明,音节边界在音韵编码中,会延迟音段信息的编码过程。

在WEAVER++模型中,音韵编码过程以从前往后的方向序列式进行,说话人在同步提取到单字的音节音段信息与韵律信息后,前者以音段形式加以组合,并相继嵌入激活后的韵律框架中(Levelt et al., 1999),该规则在汉语双音节词中同样适用。说话人在心理词典中激活双音节词的音系信息与声调框架,从前往后对音系词进行音节音段加工,并按照首尾顺序,跨越音节边界,将其嵌入双音节词的声调框架中,完成在线音节化过程(on-line syllabification),这与WEAVER++模型中对韵律信息编码的假设一致(Levelt et al., 1999)。具体来说,由于声调框架趋于稳定,因此,相比于音段信息,声调较少地受到音节边界编码的影响。具体来说,在双音节

词中,声调以框架的形式被激活。在首字中,声调于相对晚期进行编码,该框架稳定地将效应传递到尾字,表现为声调相同时的促进效应。然而,尾字中的音节音段需要同时接受首字中已生成的目标项的激活、尾字中潜在干扰项的激活,以及可能出现的音节边界的激活等。对于启动项出现的音节音段由于受到多重激活的竞争,启动量不足以供尾字加工,因此并没有发现显著的音节效应。同时,在双音节词尾字中,亦存在声调与音节音段的交互作用,进一步证实了声调作为韵律框架的稳定性,即声调在激活后,该效应仍稳定存在,并且与音节信息结合,促进命名过程。

结合实验一与实验二出现的声调促进效应,实验结果支持声调与音节音段结合,促进发音过程的结论(Zhang & Damian, 2009; Zhang & Zhu, 2011)。声调作为韵律框架,虽不能独立参与音韵编码的加工过程,但其仍具有稳定性与独立性,这种独立性在双音节框架中尤为显著。结合声调在双音节词首字中以及尾字中出现的促进作用,可以推断,以声调为代表的韵律框架在双音节词中被独立激活,并按照从前往后依次编码的顺序,将音段信息嵌入其中,在说话人完成音节边界的编码后,完成与全部音段的整合,完成在线音节化并指导下一步发音过程。

5 结论

本研究采用掩蔽启动范式,探究声调作为韵律框架在双音节词中的编码形式与作用。结果发现:(1)在双音节词编码早期,声调与音节音段的主效应和交互效应显著,共享的声调与音节音段表征显著促进命名。(2)在双音节词编码后期,声调独立效应显著,即当启动词与目标词仅共享声调表征时会促进命名,并采取从首音节到尾音节的序列式加工方式参与到编码过程中。该加工方式符合主要基于西方语言实证证据的WEAVER++模型与基于汉语实证证据的合适单元假设。

参考文献

- 陈煦海,黄希庭.(2010).汉语双字合成词口语产生的词素信息编码.《心理学报》,42(3),377-386.
- 岳源,张清芳.(2015).汉语口语产生中音节和音段的促进和抑制效应.《心理学报》,47(3),319-328.
- 张积家,王惠萍.(2001).声旁与整字的音段、声调关系对形声字命名的影响.《心理学报》,33(3),193-197.
- 张清芳.(2008).汉语单音节和双音节词汇产生中的音韵编码过程:内隐启动范式研究.《心理学报》,40(3),253-262.

- 张清芳,杨玉芳.(2004).汉语词汇产生中语义、字形和音韵激活的时间进程.《心理学报》,36(1),1-8.
- 张清芳,杨玉芳.(2005).汉语单音节词汇产生中音韵编码的单元.《心理学报》,28(2),374-378.
- 周晓林,曲延轩,庄捷.(2003).再探汉字加工中语音、语义激活的相对时间进程.《心理与行为研究》,1(4),241-247.
- 王曼,张家欢.(2025).普通话口语词汇产出的音系编码计划单元.《中国语文》,3,242-253,284.
- Alderete, J., Chan, Q., & Yeung, H. H. (2019). Tone slips in Cantonese: Evidence for early phonological encoding. *Cognition*, 191, Article 103952.
- Alderete, J. (2023). Cross-linguistic trends in speech errors: An analysis of sub-lexical errors in Cantonese. *Language and Speech*, 66(1), 79-104.
- Bi, Y., Han, Z., & Shu, H. (2007). Compound frequency effect in word production: Evidence from anomia. *Brain & Language*, 103(1), 55-56.
- Burani, C., & Arduino, L. S. (2004). Stress regularity or consistency? Reading aloud Italian polysyllables with different stress patterns. *Brain & Language*, 90(1-3), 318-325.
- Chang, C., & Hsieh, F. (2022). Do subsyllabic units play a role in Mandarin spoken word recognition? Evidence from phonotactic processing. *Journal of Neurolinguistics*, 64, Article 101089.
- Chen, J. Y. (1999). The representation and processing of tone in Mandarin Chinese: Evidence from slips of the tongue. *Applied Psycholinguistics*, 20(2), 289-301.
- Chen, J. Y., Chen, T. M., & Dell, G. S. (2002). Word-form encoding in Mandarin Chinese as assessed by the implicit priming task. *Journal of Memory and Language*, 46(4), 751-781.
- Chen, T., & Chen, J. (2015). The phonological planning in Mandarin spoken production of mono- and bimorphemic words. *Japanese Psychological Research*, 57(1), 81-89.
- Chen, T. M., Lin, W. C., & Ferrand, L. (2003). Masked priming of the syllable in Mandarin Chinese speech production. *Chinese Journal of Psychology*, 45(1), 107-120.
- Dimitropoulou, M., Duñabeitia, J. A., & Carreiras, M. (2010). Influence of prime lexicality, frequency, and pronounceability on the masked onset priming effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(9), 1813-1837.
- Duanmu, S. (1999). Metrical structure and tone: Evidence from Mandarin and Shanghai. *Journal of East Asian Linguistics*, 8, 1-38.
- Ferrand, L. (1995). Repeated prime-target presentations do not eliminate repetition and phonological priming in naming digits. *Acta Psychologica*, 89, 217-227.
- Forster, K. I., & Forster, J. C. (2003). DMDX: A windows display program with millisecond accuracy. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*, 35(1), 116-124.
- Jacobs, C., & Dell, G. (2014). "hotdog", not "hot" "dog": The phonological planning of compound words. *Language Cognition and Neuroscience*, 29(4), 512-523.
- Jansma, B., & Schiller, N. (2004). Monitoring syllable boundaries during speech production. *Brain & Language*, 90(1-3), 311-317.
- Janssen, N. J., Bi, Y., & Caramazza, A. (2008). A tale of two frequencies: Determining the speed of lexical access for Mandarin Chinese compounds. *Language and Cognitive Processes*, 23(7), 1191-1223.
- Kinoshita, S. (2000). The left-to-right nature of the masked onset priming effect in naming. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7(1), 133-141.
- Kinoshita, S., & Norris, D. (2012). Task-dependent masked priming effects in visual word recognition. *Frontiers in Psychology*, 3, 178.
- Kinoshita, S., & Verdonschot, R. G. (2020). Phonological encoding is free from orthographic influence: Evidence from a picture variant of the Phonological Stroop Task. *Psychological Research*, 85(3), 1340-1347.
- Lee, C. (2007). Does horse activate mother? Processing lexical tone in form priming. *Language and Speech*, 50(1), 101-123.
- Levelt, W. J., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(1), 1-75.
- Li, C., Lin, C., Wang, M., & Jiang, N. (2013). The activation of segmental and tonal information in visual word recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(4), 773-779.
- Li, C., Wang, M., & Idsardi, W. (2015). The effect of orthographic form-cuing on the phonological preparation unit in spoken word production. *Memory & Cognition*, 43(4), 563-578.
- O'Seaghdha, P. G., Chen, J. Y., & Chen, T. M. (2010). Proximate units in word production: Phonological encoding begins with syllables in Mandarin Chinese but with segments in English. *Cognition*, 115(2), 282-302.
- Protopapas, A. (2007). CheckVocal: A program to facilitate checking the accuracy and response time of vocal responses from DMDX. *Behavior Research Methods*, 39(4), 859-862.
- Repp, B. H., & Lin, H. B. (1990). Integration of segmental and tonal information in speech perception: A cross-linguistic study. *Journal of Phonetics*, 18(4), 481-495.
- Roelofs, A. (1997). The weaver model of word-form encoding in speech production. *Cognition*, 64(3), 249-284.
- Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1998). Metrical structure in plan-

- ning the production of spoken words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(4), 922 – 939.
- Schiller, N. O., Bles, M., & Jansma, B. M. (2003). Tracking the time course of phonological encoding in speech production: An event – related brain potential study. *Cognitive Brain Research*, 17(3), 819 – 831.
- Schiller, N. O. (2006). Lexical stress encoding in single word production estimated by event – related brain potentials. *Brain Research*, 1112(1), 201 – 212.
- Sereno, J., & Lee, H. (2014). The contribution of segmental and tonal information in Mandarin spoken word processing. *Language and Speech*, 58(2), 131 – 151.
- Sulpizio, S., & Job, R. (2015). The segment – to – frame association in word reading: Early effects of the interaction between segmental and suprasegmental information. *Frontiers in Psychology*, 6, 1612.
- Wheeldon, L. R., & Levelt, W. (1995). Monitoring the time course of phonological encoding. *Journal of Memory and Language*, 34(3), 311 – 334.
- Wiener, S., & Turnbull, R. (2016). Constraints of tones, vowels and consonants on lexical selection in Mandarin Chinese. *Language and Speech*, 59(1), 59 – 82.
- Wong, A. W. K., & Chen, H. C. (2008). Processing segmental and prosodic information in Cantonese word production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 34(5), 1172 – 1190.
- Wong, A. W. K., & Chen, H. C. (2009). What are effective phonological units in Cantonese spoken word planning? *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(5), 888 – 892.
- Wong, A. W. K., & Chen, H. C. (2015). Processing segmental and prosodic information in spoken word planning: Further evidence from Cantonese Chinese. *Japanese Psychological Research*, 57(1), 69 – 80.
- Ye, Y., & Connine, C. M. (1999). Processing spoken Chinese: The role of tone information. *Language & Cognitive Processes*, 14(5 – 6), 609 – 630.
- You, W., Zhang, Q., & Verdonchot, R. G. (2012). Masked syllable priming effects in word and picture naming in Chinese. *PLoS ONE*, 7, e46595.
- Zhang, Q. F., & Damian, M. F. (2009). The time course of segment and tone encoding in Chinese spoken production: An event – related potential study. *Neuroscience*, 163(1), 252 – 265.
- Zhang, Q. F., & Zhu, X. (2011). The temporal and spatial features of segmental and suprasegmental encoding during implicit picture naming: An event – related potential study. *Neuropsychologia*, 49(14), 3813 – 3825.
- Zhou, X., & Zhuang, J. (2000). *Lexical tone in the speech production of Chinese words*. In B. Yuan, T. Huang, & X. Tang (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Spoken Language Processing* (Vol. 2, pp. 51 – 54). Beijing: China Military Friendship Publisher.
- Zou, T., Liu, Y., & Zhong, H. (2022). The roles of consonant, rime, and tone in Mandarin spoken word recognition: An eye – tracking study. *Frontiers in Psychology*, 12, Article 740444.

Tonal and Syllabic Effects in Mandarin Chinese Disyllabic Words

Wang Man Liu Shuai Zhang Jiahuan Bu Zhanting

(School of Foreign Languages, Qingdao University, Qingdao 266071)

Abstract: Phonological encoding is a critical stage in speech production. However, less attention is paid to suprasegmental encoding, compared to segmental encoding. Masked priming paradigm is employed to investigate the role of tone in the phonological encoding during Mandarin Chinese disyllabic spoken word production. The results show that the shared representation of tone and syllable segment together between the prime and the target facilitates the disyllabic word naming during the phonological encoding of the first syllable of the target word. During the phonological encoding of the second syllable, the shared tonal information alone between the prime and target facilitates the disyllabic word naming. As the metrical frame with stability and independence, tone is still influenced by syllable, especially when inserted with syllabic information. Being a characteristic metrical unit in Mandarin Chinese, the manner of tonal encoding supports the WEAVER + + model proposed by languages that use an alphabetic script.

Key words: speech production; tone; segment; mental processing