

# 普通话元音 /y/ 和 /ə/ 的听感边界再探

刘掌才, 石 锋<sup>①</sup>

(南开大学 文学院, 天津 300071)

**[摘要]** 文章以普通话元音 /y/ & /ə/ 为研究对象, 通过辨认实验和区分实验, 考察在双字音语言环境中 /y/ & /ə/ 的听感边界, 并尝试从目标字位置、测试界面和性别等角度进一步探究影响听感边界的因素。实验结果表明: 在双字音语言环境中, /y/ & /ə/ 的听感边界是一个动态带, 前字的边界值范围分别为 F1: 355-387Hz, F2: 1582-1420Hz, 后字的边界值范围分别为 F1: 368-369Hz, F2: 1508-1497Hz。此外测试界面和性别因素对听感边界都有一定的影响。文章最后从整体上对比了单、双字音在听感边界上的不同表现。

**[关键词]** 元音; /y/ & /ə/; 双字音; 听感边界; 影响因素

**[中图分类号]** H017 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2015)06-0104-06

叶蜚声等<sup>[1]</sup> 语音有发音-传递-感知三个环节, 分别对应于生理-物理-心理三个方面的属性。前人的研究多从发音和声学的角度考察语音的生理和物理属性, 对其心理属性的研究相对较少。随着研究的深入, 越来越多的研究者将目光投入到语音感知的研究上来, 其中元音感知的研究一直备受关注。

Ladefoged & Broadbent<sup>[2]</sup> 以合成的英文词语 bit, bet, bat, but 为目标词语, 将它们放在句子末尾处, 并改变句中其他各元音的共振峰的频率, 发现被试对目标词的识别情况会随着前句共振峰的变化而变化, 该实验证明了语言环境的变化通过信息传递对元音的感知具有一定的影响。Fry、Abramson & Eimas 等<sup>[3]</sup> 通过改变第一共振峰和第二共振峰(下文分别用 F1 和 F2 表示) 合成了英语元音 /i/、/ε/ & /æ/ 三个音位的刺激音连续统, 实验认为 /i/、/ε/ & /æ/ 这三个音位的感知是连续性的。

此后, Stevens & Liberman 等<sup>[4]</sup>、Pisoni<sup>[5]</sup> 都对英语的元音进行了相关的研究, 结论一致认为英语单元音为连续感知。

普通话元音的听感研究虽然起步较晚, 但也陆续取得了一些研究成果。

Cheung Yuk-Man<sup>[6]</sup> 通过听感实验探讨了北京话舌尖元音 /ɿ/ & /ʅ/ 的感知征兆。实验表明, 第三共振峰是两个舌尖元音感知中的重要征兆, 且北京

话舌尖元音 /ɿ/ & /ʅ/ 为非范畴化感知。

相对于前人的研究, 我们的研究目的不仅在判断其是离散性范畴感知还是连续性范畴感知, 更重要的是找到元音之间的听感边界并进一步探究影响听感边界的因素。

黄荣佼<sup>[7]</sup>、耿爽爽<sup>[8]</sup>、鹿牧<sup>[9]</sup> 分别通过听感实验考察了双字音中 /i/ & /y/、/i/ & /u/ 以及 /u/ & /y/ 的听感边界情况。结论表明, 各实验的听感边界是动态的, 且语音环境(目标字位置)、测试界面正反序以及性别等因素对听感边界都会造成一定的影响。此外, 丁云<sup>[10]</sup>、张昊<sup>[11]</sup>、王丫珍<sup>[12]</sup>、黄旭男<sup>[13]</sup> 和陈畅<sup>[14]</sup> 等分别对单字音中的“/a/ & /ə/、/i/ & /y/、/a/ & /u/、/i/ & /ə/、/ə/ & /u/ 和 /ɿ/ & /ʅ/”进行了初步考察。

在普通话元音 /y/ & /ə/ 的听感实验中, 我们的实验目的是找到双字音语言环境中 /y/ & /ə/ 的听感边界, 并进一步从目标字位置、测试界面正、反序和性别等角度考察影响听感边界的因素。

## 二 实验设计

### (一) 实验设备

实验录音在天津师范大学语音实验室完成。录音软件 Cooledit 2.0, 采样率是 11025Hz, 采样精度 16 位, 单声道。听辨实验在南开大学语音实验室进行, 实验软件为 E-prime。

**[收稿日期]** 2015-10-26

**[基金项目]** 国家社会科学基金重大项目“普通话语音标准声学感知参数数据库建设”资助(编号: 13&ZD134)

**[作者简介]** 刘掌才(1985-), 男, 湖南沅江人, 南开大学文学院博士研究生。

<sup>①</sup> 南开大学、北京语言大学教授, 博士生导师。

## (二) 实验字表

双字音目标字<sup>①</sup>为零声母,有阳平和去声两个调类。字表如下:

表1 /y/-/a/听感实验字表

调类 \ 例字	前 字	后 字
阳 平	鱼头——额头	大鱼——大鹅
去 声	寓意——恶意	上谕——上颚

## (三) 刺激音合成

刺激音合成和连续统的制作都在 Praat 软件中完成。Praat 自编脚本由广东财经大学贝先明提供。刺激音的音质来自一位男性发音人,1994年生,老北京人<sup>②</sup>[15],天津师范大学在校本科生。

Bladon&Fant<sup>[16]</sup>认为表征元音有两个共振峰就够了,一个是 F1,另一个是 F2'(经过校正的 F2)。本次实验刺激音的合成综合考虑共振峰和带宽两个要素。观察/y/和/a/的语图,二者的 F1、F2 和 F3 都有一定的差异,通过刺激音合成效果的比对,我们最终确定变量为 F1 和 F2 两个参数,F3 用首尾音的均值,F4 和 F5 用起点音的值;带宽前三个用均值,后两个用起始音的值。依此标准来合成/y/到/a/的刺激音连续统。具体刺激音连续统见图 1a-1b。

每个刺激音时长在 400(+/-)50ms 之间。辨认实验中整个刺激音时长包括空白段是 1000ms,其中最后留 50ms 空白段;区分实验的整个刺激时长是 2000ms,两个刺激音之间的间隔为 500ms,最后同样留 50ms 的空白段。

## (四) 被试听辨人

本次实验的被试听辨人共 24 人,为天津大学和南开大学在校本科生,男、女各半,均为北京人,在北京出生、长大,母语均为北京话,没有听力、视觉障碍,右利手。实际有效数据 20 人,其中男 9 人,女 11 人。

## (五) 实验步骤

本实验使用 E-prime 软件进行刺激音播放和数据的采集。简要流程如下:注视点-按空格键-播放提示音-播放实验字音-呈现选项画面-按键选择-结束(新的注视点,循环直至所有刺激音随机播放完毕)。每个听感实验分为辨认实验和区分实验两个部分。

辨认实验是将刺激音以随机的次序播放给被试听,每次播放一个音,同时电脑屏幕上会显示两个选项,由被试通过相应的按键判断所听到的刺激音;区

分实验是考察被试对同一连续统中的两个样本之间差异的区分能力。区分实验中,每次随机播放一对刺激音,同时电脑屏幕上会显示相同和不同两个选项,被试根据听音情况作出相应的按键选择。刺激对之间的关系有三种情况:一是两个刺激是同一个刺激,如刺激 1 和刺激 1 一对,刺激 2 和刺激 2 一对;二是两个刺激是不同的刺激,相差 2 个步长,如刺激 1 和刺激 3,刺激 2 和刺激 4;三是两个刺激是不同的刺激,同样是相差 2 个步长,但是刺激呈现的顺序与二的情况不同,如刺激 3 和刺激 1 一对,刺激 4 和刺激 2 一对。辨认实验刺激音脚本 44 个,区分实验刺激音脚本 116 个。正式实验开始之前,会有 10% 的练习部分,确保每位听辨人熟知实验流程后方可进入正式实验部分。

根据测试界面的不同,辨认实验和区分实验又各分为正序和反序两种脚本。辨认实验中,/y/音在前我们默认为正序,/a/音在前为反序;区分实验中,相同在前为正序,不同在前为反序。

## 二 实验结果与分析

### (一) 听感实验总体结果

根据听感实验的结果分别从阳平和去声两个调类前、后字的总体情况得出了/y/&a/的听感边界、边界宽度、区分峰值以及目标字的感知范围,具体见表 2。由表 2 可知,/y/-/a/双字音前字的边界值范围分别为 F1:355-387Hz 之间,F2:1582-1420Hz 之间,后字的边界值范围分别为 F1:368-369Hz 之间,F2:1508-1497Hz 之间,前字的 F1 和 F2 的变动范围大于相应的后字;边界宽度前字的范围分别为 F1:13-26Hz 之间,F2:82-128Hz,后字的范围为 F1:23-42Hz,F2:147-205Hz,整体上后字的边界宽度变动范围大于相应的前字;去声前字/y/的感知范围小于相应的/a/,其余的情况/y/的感知范围都大于相应的/a/,相对而言,阳平前后字目标字的感知范围差异大于相应的去声;整体上双字组区分峰值的位置基本一致,前字区分峰值范围 66%~68%,后字区分峰值的范围 70%~83%,整体上后字区分峰值的范围大于前字,具体来看,去声前后字的区分峰值差值大于相应的阳平。

综上,前、后字整体上都具有一个动态听感边界;后字的边界宽度变动范围大于前字,说明后字的听感边界较前字模糊;/y/的感知范围整体上大于相应的/a/,即/y/的感知不论在前字还是后字都具有优势。

表2 /y/-/ə/ 双字音听感实验总结果

调类	前/后字	边界值(Hz)		边界宽度(Hz)		目标字感知范围 (/y/-/ə/)	区分峰值(%)
阳平	前字	F1	387	F1	26	69% ~ 31%	68
		F2	1420	F2	128		
	后字	F1	369	F1	42		
		F2	1508	F2	205		
去声	前字	F1	355	F1	13	45% ~ 55%	66
		F2	1582	F2	82		
	后字	F1	368	F1	23		
		F2	1497	F2	147		

## (二)影响听感边界的因素分析

本小节分别从测试界面和性别两个角度考察其对/y/-/ə/听感边界的影响。

### 1、测试界面对听感边界的影响

根据听感实验的结果得出了测试界面正、反序的听感边界、边界宽度、区分峰值以及目标字的感知范围,具体见表3。

表3 /y/-/ə/ 双字音不同测试界面听感实验结果

调类	前/后字	正/反序	边界值(Hz)		边界宽度(Hz)		目标字感知范围 (/y/-/ə/)	区分峰值(%)		
阳平	前字	正序	F1	387	F1	32	69% ~ 31%	68		
			F2	1420	F2	154				
		反序	F1	387	F1	26				
	F2		1420	F2	128					
	后字	正序	F1	363	F1	35			56% ~ 44%	70
			F2	1537	F2	169				
反序		F1	375	F1	50					
	F2	1479	F2	242						
去声	前字	正序	F1	355	F1	11	45% ~ 55%	65		
			F2	1583	F2	70				
		反序	F1	355	F1	17				
	F2		1580	F2	113					
	后字	正序	F1	364	F1	22			51% ~ 49%	78
			F2	1521	F2	142				
反序		F1	372	F1	21					
	F2	1468	F2	135						

由表3可知,/y/-/ə/双字音总体上,正序的边界值范围分别为 F1: 355-387Hz 之间, F2: 1583-1420Hz 之间,反序的边界值范围分别为 F1: 355-387Hz 之间, F2: 1580-1420Hz 之间,同一个调类内部,阳平后字正序的边界位置稍前于相应的反序,其余的情况边界位置都基本一致;边界宽度正序的范围分别为 F1: 11-35Hz 之间, F2: 70-169Hz,反序的范围为 F1: 17-50Hz, F2: 113-242Hz;整体上,去声前字正反序/y/的感知范围都小于相应的/ə/,其余的情况/y/的感知范围都大于相应的/ə/,具体来看,同一个调类内部,前字的正反序/y/-/ə/的听感范围一致,阳平后字正反之间的听感范围差值最大为7%,去声后字正反之间的差值次之;去声前字正序的区分峰值位置后于相应的后字,其余的情况区分峰值的位置基本一致,正序区分峰值的范围65%~78%,反序区分峰值的范围68%~88%,同一个调

类内部,阳平前字正反序区分峰值一致,后字正反序区分峰值一致,去声前字正反序之间和后字正反序之间区分峰值各相差10%。

我们对正、反序的边界值和边界宽度进行了配对样本 T 检验,结果显示二者在统计上都没有显著的差异(P 值分别为边界值 F1:  $p = 0.194$ , F2:  $p = 0.166$ ;边界宽度 F1:  $p = 0.498$ , F2:  $p = 0.428$ 。本文中均值差的显著性水平为 0.05)。

### 2、性别对听感边界的影响

根据听感实验的结果分别得出了男生和女生的听感边界、边界宽度、区分峰值以及目标字的感知范围,具体见表4。

由表4可知,/y/-/ə/双字音总体上,男生的边界值范围分别为 F1: 355-392Hz 之间, F2: 1582-1398Hz 之间,女生的边界值范围分别为 F1: 355-382Hz 之间, F2: 1582-1442Hz 之间,同一个调类内

部,去声前字男女生边界位置一致,后字男女生边界位置也一致,阳平前字男生边界位置后于女生,后字男生边界位置前于相应的女生;边界宽度男生的范围分别为 F1:11-42Hz 之间,F2:73-207 Hz,女生的范围为 F1:15-53Hz,F2:96-261 Hz;总体上,去声前字男女生/y/的感知范围都小于相应的/a/,其余的情况/y/的感知范围都大于相应的/a/,具体来看,阳

平前字男女生的/y/-/a/的听感范围差值最大为 5%,阳平后字男女生之间的听感范围差值次之;阳平前字男女生的区分峰值位置基本一致,去声后字男女生的区分峰值位置一致,男生区分峰值的范围 64%~89%,女生区分峰值的范围 68%~77%,去声后字男女生区分峰值差值最大为 12%,阳平前字男女生区分峰值差值最小为 1%。

表 4 /y/-/a/ 双字音不同性别听感实验结果

调类	前/后字	性别	边界值(Hz)		边界宽度(Hz)		目标字感知范围 (/y/-/a/)	区分峰值(%)
阳平	前字	男	F1	392	F1	42	72%~28%	67
			F2	1398	F2	207		
		女	F1	382	F1	24	67%~33%	
	F2		1442	F2	116			
	后字	男	F1	366	F1	27	58%~42%	75
			F2	1524	F2	131		
女		F1	374	F1	53	62%~38%		
	F2	1485	F2	261				
去声	前字	男	F1	355	F1	11	5%~55%	64
			F2	1582	F2	73		
		女	F1	355	F1	15	45%~55%	
	F2		1582	F2	96			
	后字	男	F1	369	F1	13	4%~46%	89
			F2	1492	F2	88		
女		F1	367	F1	38	53%~47%		
	F2	1504	F2	247				

我们对男女生的边界值和边界宽度进行了独立样本 T 检验,结果显示二者在统计上都没有显著的差异(P 值分别为边界值 F1: p = 0.921, F2 : p = 0.933;边界宽度 F1 : p = 0.432, F2: p = 0.333。本文中均值差的显著性水平为 0.05)。

(三)实验结论

通过对普通话双字音中/y/&/a/的听感实验结果进行分析,我们初步得出如下结论:

1、综合双字音阳平和去声前、后字的总体实验情况,/y/-/a/双字音前字的边界值范围分别为 F1: 355-387Hz,F2:1582-1420Hz,后字的边界值范围分

别为 F1:368-369Hz,F2:1508-1497Hz,前字的 F1 和 F2 的变动范围大于相应的后字。

图 1a-1b 分别显示阳平和去声前、后字边界值在刺激音连续统所处的位置及其对应感知范围。图中坐标值为听感边界值,百分比值为/y/和/a/对应的听感空间值。图 2 为归一化后/y/-/a/双字音前、后字边界位置的相对百分比图,其中阴影部分所示为听感边界百分比值的动态区间。图 2 直观显示了归一化后/y/&/a/在不同调类前、后字条件下的听感边界的相对位置及听感空间的大小和形状。

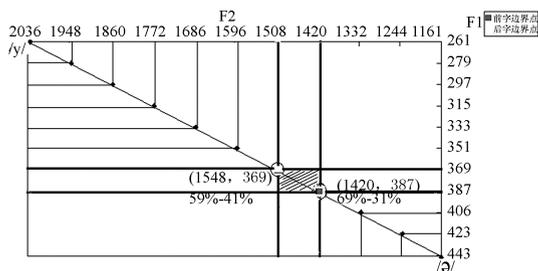


图 1a /y/-/a/听感边界在刺激音连续统中的位置-阳平

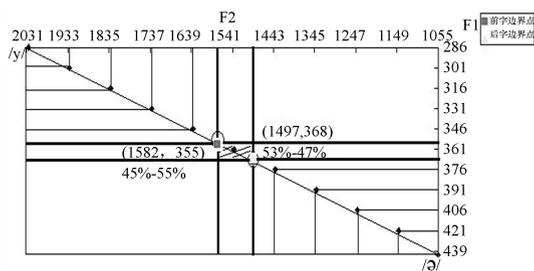


图 1b /y/-/a/听感边界在刺激音连续统中的位置-去声

2、边界宽度前字的范围分别为 F1:13-26Hz 之间,F2:82-128Hz,后字的范围为 F1:23-42Hz 之间,

F2:147-205Hz,整体上后字的边界宽度变动范围大于相应的前字,阳平前、后字的边界宽度大于相应的

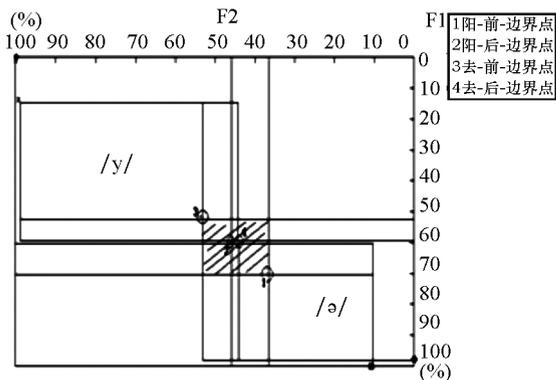


图2 归一化后阳平和去声前、后字听感边界的相对百分比值

去声,两个调类后字的边界宽度都大于相应的前字。

3、去声前字/y/的感知范围小于相应的/ə/,其余的情况/y/的感知范围都大于相应的/ə/,相对而言,阳平前、后字/y/和/ə/的感知范围的差值大于相应的去声,两个调类前字的目标字感知范围差值都大于相应的后字,我们按/y/的感知范围由大到小排序依次为69%(阳平-前字) > 59%(阳平-后字) > 53%(去声-后字) > 45%(去声-前字),见图3。

4、总体上双字音区分峰值的位置基本一致,前字区分峰值范围66%~68%,后字区分峰值的范围70%~83%,同一个调类中,后字区分峰值都大于相应的前字,区分峰值由大到小排序如下:83%(去声-后字) > 70%(阳平-后字) > 68%(阳平-前字) > 66%(去声-前字)。

5、影响听感边界的因素:不论是测试界面正反序,还是男女性别,在主要的感知参数听感边界值和边界宽度上都没有统计学意义上的显著差异。

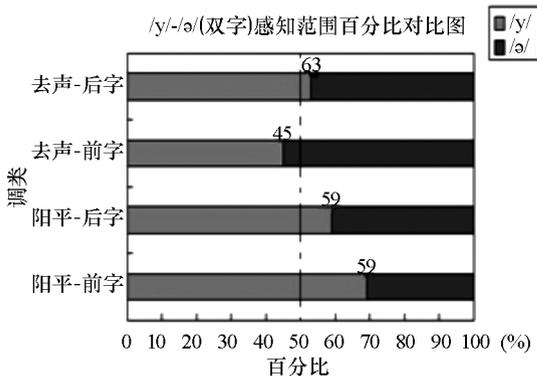


图3 /y/-/ə/目标字感知范围百分比值对比图

### 三 单、双字音听感边界对比

在普通话元音听感研究中,实验字的设计分为单字音和双字音,单字音实验是孤立感知,双字音实

验是连续感知,孤立感知是连续感知的基础,连续感知是听感研究的目标<sup>③</sup>。

本小节中,我们主要从总体上对比/y/&/ə/听感实验双字音和以往单字音实验的听感边界,从而进一步认识/y/&/ə/实验中孤立感知和连续感知在听感边界上的不同表现。单字音实验总的听感边界值为F1:402,F2:1422,双字音实验总的听感边界值为F1:370,F2:1502,从总体来看,单字音的听感边界位置后于相应的双字音实验。

如图4所示,归一化后单字音听感边界值为F1:65%,F2:34%,双字音听感边界的百分比值为F1:50%,F2:43%。通过图4,我们可以直观地看到在单、双字音不同的条件下/y/&/ə/听感边界的相对位置以及各种听感空间的大小和分布空间。从边界位置来看,单字音处于双字音的右下角,在单字音情况下,/y/的感知空间显著大于/ə/的感知空间,而在双字音情况下,/y/的感知空间有一定的压缩,/ə/的感知空间明显扩大,整体上/y/和/ə/各自的感知空间差距减小,说明语音环境对感知边界的影响是显著的。

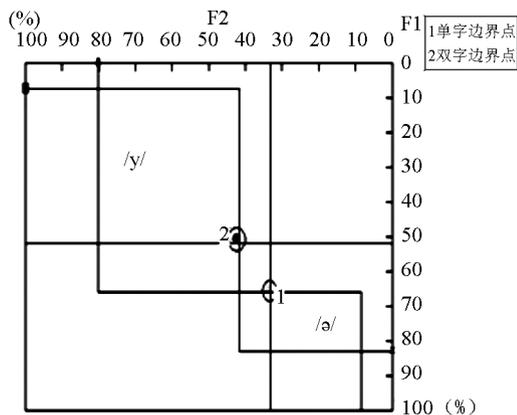


图4 归一化后/y/-/ə/实验单、双字总听感边界相对百分比值对比

### 四 结语

本文通过对普通话双字音/y/&/ə/的听感实验,进一步得出/y/&/ə/前、后字听感边界总体上是一个动态的区间,前字的边界值范围为F1:355-387Hz,F2:1582-1420Hz,后字的边界值范围分别为F1:368-369Hz,F2:1508-1497Hz。同时考察了双字音中测试界面正、反序和性别因素对听感边界的影响,结果显示二者对听感边界都没有显著影响。最后,从总体上对比了/y/&/ə/单字孤立感知和双字连续感知在听感边界上的不同表现。对单、双字音

中/y/和/ə/听感边界的实验研究,是探索普通话元音听感格局的一个重要组成部分。

#### 注释:

①“目标字”即/y/和/ə/的代表字,是本实验要考察的对象,相对应的是参照字,指各调类中声韵调完全一致的字。

②“老北京人”的表述参照胡明扬(2011:419)的观点:父母都是北京人,且本人在北京出生长大的是老北京人;与之相对的是新北京人,是指父母双方或者一方不是北京人,但是本人在北京长大的人。

③关于孤立感知与连续感知的表述为石锋(2014)在南开大学实验语言学沙龙上的发言。

#### [参考文献]

- [1] 叶蜚声,徐通锵. 语言学纲要[M]. 修订版. 王洪君,李娟,修订. 北京:北京大学出版社,2010.
- [2] Ladefoged P, Broadbent D E. Information conveyed by vowels” [J]. J Acoust. Soc. Amer, 1957(29):98-104.
- [3] Fry D B, Abramson A S, Eimas P D et al. The identification and discrimination of synthetic vowels [J]. Language and Speech, 1962(5):171-189.
- [4] Stevens K N, Liberman A M et al. Crosslanguage study of vowel perception [J]. Language and Speech, 1969(12):1-23.
- [5] Pisoni D B. Auditory and phonetic memory codes in the discrimination of consonants and vowels [J]. Perception & Psychophysics, 1973(13):253-260.

- [6] Cheung Yuk-Man. The Influence of acoustic Properties on Perception of apical Vowels in Beijing Mandarin n[C]//. 第6届全国现代语音学学术会议论文集(上). 天津:2003.
- [7] 黄荣佺. 汉语普通话元音/i/和/y/的听感实验[D]. 天津:南开大学硕士学位论文, 2013.
- [8] 耿爽爽. 普通话高元音/i/和/u/听感分界的初步试验 [J]. 实验语言学, 2013, 2(2):71-74.
- [9] 鹿牧. 汉语普通话/u/和/y/的听感分界初探 [J]. 实验语言学, 2013, 2(2):75-83.
- [10] 丁云,黄荣佺. 普通话一级元音/i/和/y/单字听感边界初探及单双字对比研究 [J]. 实验语言学, 2014, 3(1):53-60.
- [11] 张昊,石锋. 普通话一级元音/a/和/u/听感分界初探 [J]. 实验语言学, 2014, 3(1):61-67.
- [12] 王丫珍. 汉语普通话元音/i/和/ə/的听感边界初探 [J]. 实验语言学, 2014, 3(1):78-86.
- [13] 黄旭男,石锋. 普通话一级元音/ə/和/u/的听感分界研究 [J]. 实验语言学, 2014, 3(1):87-92.
- [14] 陈畅. 普通话舌尖元音/ɿ/和/ʅ/的听感实验初探 [J]. 实验语言学, 2014, 3(1):68-77.
- [15] 胡明扬. 胡明扬语言学论文集 [M]. 北京:商务印书馆, 2011.
- [16] Bladon A R W, Fant G. A two-formant model and the cardinal vowels [R]. Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress Status Report (STL-QPSR1), 1978:1-8.

## A Restudy on Perceptive Boundary Between /y/ & /ə/ in Mandarin

LIU Zhang-cai, SHI Feng

(Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** The study examines the perceptive boundary between /y/ & /ə/ in disyllable situation in Mandarin by tests of identification and discrimination, investigating the effect of context, the displaying orders of options and genders on the position of boundary. The results show that the perceptive boundary of /y/ & /ə/ is dynamic and it can be affected by a few factors. Finally, the paper has a contrast between monosyllable and disyllable on perceptive boundary.

**Key words:** vowels; /y/ & /ə/; disyllable; perceptive boundary; influential factors