鼻韵母元音对汉语普通话鼻韵母感知的影响*

曹　冲　　张劲松

提要　本文设计三个实验考察鼻韵母中元音对汉语普通话鼻韵母感知的影响。实验一为自然音节的鼻音尾听辨实验，通过分析三组鼻韵母音节（分别是/an/－/aŋ/、/ən/－/əŋ/和/in/－/iŋ/）的知觉正确率和反应时，发现三组鼻韵母音节的知觉难度依次是/i/组＞/ə/组＞/a/组；实验二为前后鼻音连续统的听辨实验，通过计算三组鼻韵母音节的范畴感知边界，发现/i/组和/ə/组的范畴感知边界非常接近，两者与/a/组均具有显著性差异；实验三采用/i/组和/ə/组鼻韵母音节进行快速知觉分类实验，进一步探讨元音和鼻音尾在鼻韵母感知过程中的信息加工模式，结果发现两者属于整合型加工模式。

关键词　元音；鼻音尾；鼻韵母；感知

一　引言

鼻韵母是以鼻辅音/n/或/ŋ/收尾的韵母，汉语普通话属于/n/和/ŋ/二元对立的格局。普通话中有39个韵母，其中鼻韵母16个（前鼻尾韵母8个：an、ian、uan、üan、en、in、uen、ün；后鼻尾韵母8个：ang、eng、ing、ong、iang、uang、ueng、iong），占普通话韵母总数的41%（黄伯荣、廖序东2007：51）。现代汉语语音系统中，如果不考虑声调和轻声，普通话基本音节共405个，其中鼻韵母构成的音节177个，约占普通话基本音节总数的44%；如果考虑声调和轻声，含有鼻韵母的音节有502个，约占汉语音节总数的42%，其中有292个音节因为/n/和/ŋ/的对立而造成意义上的不同，这些音节约占鼻韵母音节总数的60%（董玉国1997）。由此可见，鼻韵母在现代汉语语音系统中占据十分重要的地位。

现有关于鼻韵母的研究主要集中在前后鼻音感知的关键声学线索上。林茂灿、颜景助（1994）将鼻韵母划分为三大部分：纯元音部分（元音稳定段）、鼻化元音部分（鼻化元音段）和鼻辅音部分（鼻韵尾）。汪航（2012）通过切除鼻韵尾的感知听辨实验发现鼻韵尾在鼻韵母的感知上只能为汉语母语者提供发音方式的线索，无法提供发音位置的线索；而/n/和/ŋ/的关键发音差异在于发音位置，前者属于舌尖音，后者属于舌根音。因此，该研究排除了鼻韵尾在前后鼻

作者简介：曹冲，女，湖南娄底人，北京语言大学在读博士研究生，研究方向为实验语音学和语音习得。电邮：caochong2013@126.com。张劲松，男，安徽肥西人，博士，北京语言大学研究员，研究方向为智能语音技术。电邮：jinsong.zhang@blcu.edu.cn。

*本研究得到语言资源高精尖创新中心项目“面向智能语音教学的汉语中介语语音多模态语料库研究”（项目编号：KYR17005）和北京语言大学重大基础研究专项项目（项目编号：16ZDJ03）的资助。

音感知中的作用。林茂灿、颜景助(1994)通过对鼻辅音前接元音的共振峰进行声学分析,发现和英语等语言一样,汉语鼻辅音前的元音共振峰过渡特性是区分/n/和/ŋ/的重要依据。王祖燕、张劲松(2014)通过剪切拼接的感知听辨实验发现元音部分(元音稳定段+鼻化元音段),尤其是鼻化元音部分为汉语母语者感知前后鼻音提供了关键声学线索。李艳萍等(2016)在王祖燕、张劲松(2014)研究的基础上通过修改鼻韵母中元音部分的共振峰参数合成前后鼻音连续统,进行感知听辨实验,发现元音部分的第二、第三共振峰是汉语母语者实现前后鼻音范畴感知的关键声学线索。李艳萍等(2016)的研究结论与 Larkey et al(1987)对英语鼻音感知关键线索的研究结果非常相似。Larkey et al(1987)同时修改第二和第三共振峰合成前后鼻音连续统,考察/n/—/ŋ/对立位于音节首(/mæ/—/næ/— /ŋæ/)和音节尾(/æm/—/æn/—/æŋ/)时的范畴感知表现,发现第二、第三共振峰是区分英语/n/和/ŋ/的关键声学线索。

以上研究均基于汉语母语者对普通话鼻韵尾音节的感知。从二语学习者角度出发,王韫佳(2001)发现日本学生对汉语普通话鼻韵母的知觉受鼻韵母中音的影响。对于元音拼音形式相同的鼻韵母音节,日本学生的知觉错误率由高至低分别是/i/组>/a/组、/ua/组>/ə/组>/ia/组;对于元音拼音形式不相同的鼻韵母音节,日本学生在感知过程中往往受拼音形式的干扰,认为拼音形式代表了鼻韵母实际的音值,导致错误知觉。该研究认为导致上述结果的原因是,日本学习者在区分一对在音位上韵腹相同的前后鼻音韵母时,一定程度上依赖了这一对韵母的韵腹在音值上的差别,前后鼻音对立音节中的韵腹在音值上相差越大,学习者越容易在知觉中将这两个韵母区别开。吴菲(2016)采用前后鼻音最小对立对对汉语学习者进行感知听辨实验,发现缅甸学习者和马来西亚学习者对普通话鼻韵母的感知也受到元音因素的影响。从元音角度看,知觉错误率最高的三组鼻韵母音节分别是/i/组、/ə/组和/a/组。李艳萍等(2017)在日本学生汉语普通话前后鼻音知觉训练研究中,通过对比日本学习者与汉语母语者前后鼻音感知范畴常模,也发现前后鼻音感知范畴边界与鼻韵母音节中的元音有关。

已有的研究已经发现鼻韵尾音节的感知与鼻韵母中的元音密切相关,本研究在已有研究的基础上继续探讨鼻韵母中元音对汉语普通话鼻韵母感知的影响,元音和鼻韵尾在鼻韵母感知过程中的信息加工模式。本文研究的鼻韵尾音节主要为/an/—/aŋ/、/ən/—/əŋ/和/in/—/iŋ/三对。之所以选择这三对鼻韵尾音节,一是因为在汉语普通话中的鼻韵尾音节中,这三组鼻韵尾音节是仅有的成对的并且鼻音尾前仅有一个元音(无介音)的前后鼻音韵母对,这样不仅利于比较,也具有考察的系统性;二是因为这三对鼻音尾韵母的主要元音书写形式相同,可以排除拼音形式对学习者知觉情况的干扰;三是因为已有研究均表明不论是汉语母语者还是汉语二语学习者(日本、缅甸、马来西亚留学生等等),这三对鼻韵尾音节的知觉错误率均是最高的。已有研究主要从知觉正确率这个指标来衡量元音对鼻韵母感知的影响,本文不仅要考察知觉正确率,还要考察反应时在鼻韵尾音节知觉过程中的表现。

本研究采用的方法主要是语音感知研究中的心理物理法(又称“行为法”),即让受测对象在听到语音刺激后做出有意识的回应。我们一共设计三个实验考察元音对鼻韵母音节感知的影响,分别是鼻音尾音节听辨、鼻音尾音节感知范畴边界研究、快速知觉分类实验。接下来分别介绍三个实验。

二 鼻音尾音节听辨

2.1 刺激

该实验用到的语音刺激是/an/－/aŋ/、/ən/－/əŋ/、/in/－/iŋ/、/uan/－/uaŋ/四组鼻音尾音节组成的最小对立对，其中/uan/－/uaŋ/组是干扰项。与四组鼻音尾音节组合的声母也尽量保持一致，但受到音节组合和声调搭配规律的影响，并不能保证四组鼻音尾音节的声母完全一致，最终我们选取与/an/－/aŋ/、/ən/－/əŋ/和/uan/－/uaŋ/组合的声母是零声母、塞音(p)、塞擦音(ch、zh)、擦音(sh、h)，与/in/－/iŋ/组合的声母是零声母、塞音(p)、塞擦音(j、q)和擦音(x)。每组鼻音尾音节各有12组最小对立对，该最小对立对除了前后鼻韵尾不一样外，声调、声母、主要元音均一致。综上，四组鼻音尾音节共有48组最小对立对，96个刺激。

除了统计受测对象各组鼻音尾音节的知觉正确率之外，我们也统计了受测对象在知觉过程中的反应时。通过统计四个声调下各组鼻音尾音节的时长，我们发现上声声调下的鼻音尾音节时长最长，达到了800－1000毫秒，而阴平、阳平和去声声调下的各组鼻音音节时长均在550－650毫秒之间，相差不大。为了将音节本身的时长对实验结果的影响降到最低，本实验采取了以下两个措施：一是舍弃上声声调下的鼻音尾音节，只选取与阴平、阳平和去声声调搭配的鼻音尾音节；二是使用Praat软件将所选取的阴平、阳平、去声声调的鼻音尾音节的时长控制在600毫秒，600毫秒处在所选取音节的时长均值附近，将目标音节的时长拉长或缩短50毫秒左右并不影响该音节的感知自然度，而且能使反应时数据更准确。

我们从北京语言大学汉语中介语语料库(该语料库也同时录制了汉语母语者的语音)中选取了一男一女两位汉语母语者的发音，采取王韫佳(2001)的做法，听觉任务的语料由女性发音人所念的偶数项目和男性发音人所念的奇数项目组合而来。

2.2 听辨流程

96个刺激经程序设计后由计算机随机播放，每个刺激播放一次，要求被试又快又准确地判断所听到的刺激是前鼻尾音节还是后鼻尾音节，并在计算机键盘上按下相应的选项。实验分为练习测试和正式测试两个阶段。练习测试一共呈现4个音节(2个前鼻尾音节，2个后鼻尾音节)，被试做出判断后给出反馈，目的是帮助被试熟悉整个测试流程，并检测被试是否能够正确区分前后鼻音。该实验大概持续20分钟。

2.3 被试

20名汉语母语者参加了此次听辨，年龄在23－30岁之间，来自北京语言大学，均没有听、说、读、写等方面的语言障碍。被试招募主要依据以下两个准则：一是被试的方言背景能区分前后鼻音；二是被试本人可以很好地区分前后鼻音。

2.4 实验结果

对20位被试的知觉正确率和反应时进行了统计。知觉正确率的计算方法为：知觉正确率＝正确判断的项目个数/总的项目数；反应时的统计从刺激播放开始，到被试知觉判断完成结束，单位毫秒(ms)。被试错误知觉项目的反应时并没有太大意义，因此本文只统计被试正确知觉项目的反应时。

从知觉正确率来看，三组鼻音尾音节的知觉正确率很高，都在95%(含)以上。其中/a/组的知觉正确率最高，达到了99.37%，其次是/ə/组，达到了97.5%，/i/组的知觉正确率相对较低，为95%。从反应时来看，/a/组的反应时最短(1658.23毫秒)，其次是/ə/组(1813.81毫秒)，/i/组的反应时最长(1858.02毫秒)。从这两组数据可以看出，汉语母语者在知觉/a/组鼻音尾音节时能又快又准确地判断其所属的前后鼻音尾类型；/i/组刚好相反，汉语母语者在知觉过程中不仅用时最长，而且正确率最低；从该实验我们可以得出：三组鼻音尾音节的知觉难

度依次是/i/组>/ə/组>/a/组。

我们对三组鼻音尾音节的知觉正确率和反应时做了统计性检验。从知觉正确率来看，三组鼻音尾音节的知觉正确率具有显著性差异($F(2,38)=4.519$，$p<0.05$)，进一步的配对样本t检验结果表明：/i/组与/a/组、/ə/组均具有显著性差异($t=2.404$，df=19，$p<0.05$；$t=3.040$，df=19，$p<0.01$)，而/a/组与/ə/组却没有显著性差异($t=1.242$，df=19，$p>0.05$)，这个结果支持了我们之前的判断：/i/组的知觉难度是三组鼻音尾音节中最大的。从反应时来看，三组鼻音尾音节的反应时具有显著性差异($F(2,38)=14.814$，$p<0.001$)，进一步的配对样本t检验结果表明：/a/组与/ə/组、/i/组均具有显著性差异($t=-4.157$，df=19，$p<0.01$；$t=-5.129$，df=19，$p<0.001$)，而/ə/组与/i/组却没有显著性差异($t=-1.126$，df=19，$p>0.05$)，这个结果也支持了我们之前的判断：/a/组的知觉难度是三组鼻音尾音节中最小的。

三　鼻音尾音节感知范畴边界研究

3.1 刺激

本研究合成了三组由前鼻音向后鼻音慢慢过渡的连续统：/an/-/aŋ/、/ən/-/əŋ/和/in/-/iŋ/。三组连续统的声母均采用零声母，声调统一为阴平。种子音节的选取主要依据以下三个准则：(1)前后鼻音音节对应；(2)前后鼻音音节中元音稳定段和过渡段的共振峰稳定；(3)发音人发音清晰，调域适中，不能过高或过低。综上，我们从同一语料库中选取了一位男性汉语母语者的发音。连续统合成过程中修改的关键声学线索是：元音段(稳定段+过渡段)的第二、第三共振峰(王祖燕、张劲松 2014；李艳萍等 2016)。前鼻尾音节/an /、/ən /、/in/分别被定为三组连续统中的起始音节，与之对立的/aŋ/、/əŋ/、/iŋ/分别被定为三组连续统中的终点音节。以连续统两端鼻音尾音节中元音段的第二、第三共振峰作为基准，每个共振峰各提取10个点，确定连续刺激起始音节和终点音节的第二、第三共振峰，然后等距且逐步修改元音段第二、第三共振峰得到连续统中间的刺激。每个连续统包含10个刺激，每个刺激的时长控制在550毫秒。

3.2 听辨流程

实验分为三个阶段，每一个阶段听辨一个前后鼻音连续统。每个阶段内的刺激随机播放，每次播放一个刺激，每个刺激重复播放3遍，一共90个刺激。被试听到刺激后对刺激进行二择一的强迫选择，即对听到的刺激进行A/B判断，可选项为前鼻尾音节和后鼻尾音节。在听辨过程中，被试需要尽快判断所听到的音节属于哪一类型，并在键盘上按下相应键。判断完成后自动播放下一个刺激。该实验大概持续20分钟。

3.3 被试

该实验的被试与实验一一致。

3.4 实验结果

根据被试的听辨结果绘制三组前后鼻音连续统的范畴感知曲线，采用Logistic回归的方法，构造Logistic回归模型计算三组范畴感知曲线的范畴边界和范畴宽度。

图1为三组前后鼻音连续统的听辨曲线，横坐标代表刺激编号，纵坐标代表知觉正确率。从图1我们可以看出，前后鼻音连续统的听辨曲线都呈现出一个大写的英文字母“S”模式，说明20名被试对三组前后鼻音声学连续统的感知均实现为范畴感知：范畴内刺激的知觉正确率很高，接近100%，范畴边界处刺激的知觉正确率急剧下降。对于/a/组声学连续统来说：第1

到第 4 个刺激全被知觉为前鼻尾音节/an/；第 9 到第 10 个刺激全被知觉为后鼻尾音节/aŋ/；第 5 到第 8 个刺激知觉为前鼻尾音节/an/的正确率逐渐下降，知觉为后鼻尾音节/aŋ/的正确率逐渐上升；感知曲线的斜率出现急剧变化，范畴边界分布在刺激 6 左右。对于/ə/组声学连续统来说：第 1 到第 3 个刺激全被知觉为前鼻尾音节/ən/；第 7 到第 10 个刺激全被知觉为后鼻尾音节/əŋ/；第 4 到第 6 个刺激知觉为前鼻尾音节/ən/的正确率逐渐下降，知觉为后鼻尾音节/əŋ/的正确率逐渐上升；感知曲线的斜率出现急剧变化，范畴边界分布在刺激 5 左右。对于/i/组声学连续统来说：第 1 到第 3 个刺激全被知觉为前鼻尾音节/in/；第 6 到第 10 个刺激全被知觉为后鼻尾音节/iŋ/；第 4 到第 5 个刺激知觉为前鼻尾音节/in/的正确率逐渐下降，知觉为后鼻尾音节/iŋ/的正确率逐渐上升；感知曲线的斜率发生急剧变化，范畴边界分布在刺激 4 和刺激 5 之间。

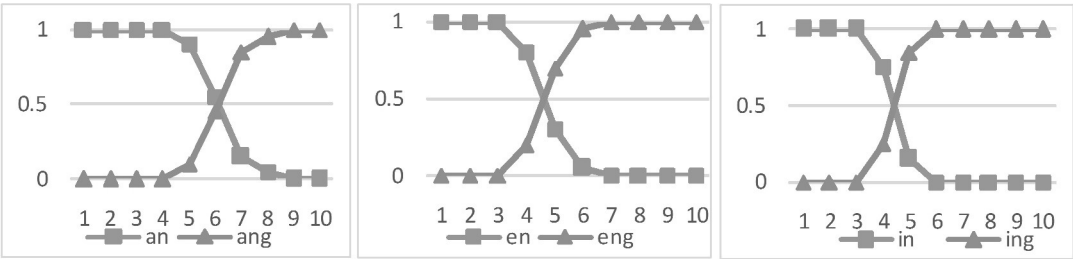

图 1　三组前后鼻音连续统的听辨曲线

通过回归分析，我们计算出了三组前后鼻音连续统的范畴边界和范畴宽度（表 1）：

表 1　三组前后鼻音连续统的范畴边界和范畴宽度

	/a/组	/ə/组	/i/组
范畴边界	6.15	4.65	4.4
范畴宽度	0.12	0.18	0.1

从范畴边界看，/a/组的范畴边界大于/ə/组和/i/组，说明与/ə/组和/i/组相比，/a/组更倾向感知为前鼻尾音节。/ə/组和/i/组的范畴边界比较接近，分布在第 4 和第 5 个刺激之间。统计检验结果表明三组鼻音尾音节的范畴边界存在显著性差异（$F(2,38)=29.869$，$p<0.001$），进一步的配对样本 t 检验结果表明：/a/组与 e 组有显著性差异（$t=5.43$，df$=19$，$p<0.001$），/a/组与/i/组有显著性差异（$t=8.101$，df$=19$，$p<0.001$），e 组与/i/组没有显著性差异（$t=1.048$，df$=19$，$p>0.05$）。从范畴宽度看，三组鼻音尾音节的范畴宽度非常接近，差异很小，统计检验结果表明三组鼻音尾音节的范畴宽度没有显著性差异（$F(2,38)=0.862$，$p>0.05$）。我们可以得出这样一个结论：在三组连续声学刺激的范畴感知中，e 组和/i/组的表现更接近。

基于实验一和实验二的结果，我们发现与/ə/组、/i/组鼻音尾音节相比，/a/组鼻音尾音节不论是在知觉正确率、知觉反应时还是范畴边界上均与前两组存在较大差异，而/ə/组和/i/组在三个指标上的表现则更加接近。

四　快速知觉分类实验

语音信号中往往包含多重维度的信息，比如音段信息（元音、辅音等）和超音段信息（声调、语调等）。各类信息在知觉过程中的加工方式主要有两种：整合型（integral）和独立型

(separable)。整合型是指各维度下的信息在知觉过程中相互联系、相互干扰,独立型是指各维度下的信息在知觉过程中相互独立,不受干扰。快速知觉分类(speeded classification paradigm)即是检验不同维度下的信息在语音知觉过程中是否相互干扰的一种实验方法。该实验范式由 Garner(1976)提出,要求听者在语音知觉过程中只关注一个维度的信息,忽略另一维度的信息,范式假设如果听者的知觉系统在加工某一维度的信息时,另一维度的信息如对它造成干扰,那么仅让听者关注一个维度的信息则会变得非常困难,表现之一就是听者判断反应的时间会延长。范式中所用到的听辨刺激主要包含以下三类:(1)单一维度组(single dimension),也叫控制组,即控制某一维度的信息不变,改变另一维度的信息;(2)相关维度组(correlated dimension),也叫相关组,即一个信息维度下的变量与另一信息维度的变量形成固定组合;(3)交互维度组(orthogonal dimension),也叫交互组,即一个信息维度下的所有变量与另一信息维度下的所有变量进行交叉组合。受测对象的任务是根据实验设定的目标维度对听到的刺激进行二择一强迫选择,实验者统计反应时。如果两个维度的信息在知觉过程中彼此独立,互不干扰,那么三组刺激的反应时没有显著性差异;如果两个维度的信息在知觉过程中相互联系、相互干扰,那么交互组的反应时则显著长于控制组。

采用快速知觉分类实验范式,汉语语音感知的研究已经证实音段与超音段信息在语音感知过程中存在相互干扰(Repp & Lin 1990;Lee & Nusbaum 1993;Tong et al 2008; Lin & Francis 2014)。此外,有研究也发现不同的音段信息在知觉过程中也会相互干扰。例如,Eimas & Miller(1980)采用快速知觉分类范式研究了不同发音部位和不同发音方法的辅音在感知中是否存在相互干扰,结果发现辅音发音位置和发音方式的感知存在相互干扰,且发音位置对发音方式的干扰大于发音方式对发音位置的干扰。

本节在实验一和实验二的基础上,采用快速知觉分类实验考察元音和鼻音尾在鼻韵母音节感知过程中的信息加工模式,尝试从认知机制上探讨元音和鼻音尾在鼻韵母知觉过程中的相互作用。

4.1 刺激

选择/ən/—/əŋ/和/in/—/iŋ/两组鼻音尾音节作为刺激。选择这两组元音的原因是:(1)实验一和实验二的结果表明/ə/组与/i/组鼻音尾音节在知觉过程中的表现更加相似;(2)这两组鼻音尾音节中的元音在舌位高低上也更加接近。为避免其他变量的影响,我们将刺激的声母统一为零声母,声调统一为阴平。我们从同一语料库中选取一位男性汉语母语者的发音,通过对该发音人目标音节时长的统计,我们将刺激的时长控制在 550 毫秒。

4.2 听辨流程

实验一共分为两个阶段,两个阶段的知觉任务各不相同:一是以元音为目标维度的元音感知阶段,该阶段要求被试对听到的刺激按照元音进行归类,被试的可选项有两个:/ə/和/i/;二是以鼻音尾为目标维度的鼻音感知阶段,该阶段要求被试对听到的刺激按照鼻音尾进行归类,被试的可选项有两个:/n/和/ŋ/。每个阶段共有五组刺激:控制组、相关组和交互组,其中控制组和相关组各两组,五组刺激之间的听辨顺序采用 Repp & Lin(1990)的实验设计(见下表2),"元音/鼻音"表示元音感知阶段,"鼻音/元音"表示鼻音感知阶段。

两个阶段的听辨顺序在被试之间是随机的。听辨过程中一次只播放一个刺激,每个刺激重复播放 25 遍,要求被试对听到的刺激又快又准地进行二择一强迫选择。选择完成后自动播放下一个刺激,组与组之间自动间隔 10 秒。每个阶段均有 300 个刺激,两个阶段共 600 个刺

激。本实验大概持续一个小时。

表 2　实验组间安排

测试	组别				
	控制	相关	交互	相关	控制
元音/鼻音	(en, in)	(en, ing)	(en, in, eng, ing)	(eng, in)	(eng, ing)
鼻音/元音	(in, ing)	(en, ing)	(en, eng, in, ing)	(eng, in)	(en, eng)

4.3 被试

20 名汉语母语者参加了此次听辨，他们来自北京语言大学，年龄 23－30 岁之间，均没有听、说、读、写等方面的语言障碍。被试招募标准与实验一一致。

4.4 数据分析

知觉正确率和反应时是本实验考察的主要指标。反应时数据采取了两种处理方法，一是直接采用原始的反应时数据，不对数据做任何处理；二是为了减小不同被试、组别之间反应时数据的变动性，我们计算了反应时的均值和方差，凡是高于或低于均值两个标准差的数据都被当作异常值，不用作进一步的分析。

4.5 实验结果

4.5.1 知觉正确率

知觉正确率的计算方法与实验一相同。元音感知阶段，20 位被试的平均正确率是 99.67%，其中最高正确率 100%，最低正确率 98.33%。鼻音感知阶段，20 位被试的平均正确率是 99%，其中最高正确率 100%，最低正确率 92%。整体来说，两个阶段的知觉正确率都很高，说明被试可以正确地知觉元音和鼻音尾类型。

4.5.2 原始反应时

反应时的统计基于知觉正确率之上，即只有被试正确知觉的项目的反应时才会纳入数据分析中。反应时的统计方法同上文一样，从刺激播放开始，到被试判断完成结束。元音感知阶段和鼻音尾感知阶段各组的反应时数据如表 3 所示。

表 3　各组反应时数据(单位：毫秒)

	控制组	相关组	交互组
元音/鼻音	1190.97	1188.13	1244.25
鼻音/元音	1257.29	1286.27	1375.98

从表 3 我们可以看出，元音感知阶段，反应时最短的是相关组，其次是控制组，最长是交互组。交互组的反应时比控制组长，说明元音的知觉受到鼻音尾的影响，出现了干扰效应。鼻音感知阶段，控制组反应时最短，相关组次之，交互组最长。交互组的反应时比控制组长，说明鼻音尾的知觉受到了元音的影响，出现了干扰效应。

4.5.3 剔除异常值后的反应时

在原始反应时的基础上，高于反应时平均值两个标准差和低于反应时平均值两个标准差的数据均被剔除，最后得到的各组反应时数据如表 4 所示。

从表 4 的数据可以看出，无论是元音感知阶段还是鼻音感知阶段，交互组的反应时均比控制组长，说明元音(或鼻音尾)的知觉受到了鼻音尾(或元音)的影响，出现了干扰效应。整体来看，使用两种反应时的分析方法得出的实验结果比较一致。

表 4　剔除异常值后的反应时数据(单位:毫秒)

	控制组	相关组	交互组
元音/鼻音	1170.64	1169.41	1204.78
鼻音/元音	1244.62	1252.23	1314.32

我们对两组数据进行了统计检验分析。元音感知阶段,交互组与控制组之间均存在显著性差异(原始反应时:$t=3.806$,df=19,$p<0.01$;剔除异常值之后的反应时:$t=3.826$,df=19,$p<0.01$),相关组与控制组之间则不存在显著性差异(原始反应时:$t=-0.314$,df=19,$p>0.05$;剔除异常值之后的反应时:$t=-0.209$,df=19,$p>0.05$)。鼻音感知阶段,无论是原始反应时数据还是剔除异常值之后的反应时数据,交互组和控制组之间均有显著性差异(原始反应时:$t=5.271$,df=19,$p<0.001$;剔除异常值之后的反应时:$t=3.979$,df=19,$p<0.01$),相关组和控制组之间则没有显著性差异(原始反应时:$t=1.445$,df=19,$p>0.05$;剔除异常值之后的反应时:$t=0.462$,df=19,$p>0.05$)。

五　讨论

王韫佳(2001)的研究表明日本学习者三组鼻音尾音节的知觉错误率由高至低分别是/i/组>/a/组>/ə/组。研究者把上述结果归结于鼻韵尾音节中韵腹音值上的差异。根据王理嘉主编(1991:102-104)对普通话鼻韵母音值的描写,三组鼻音尾音节中元音音值差异从小到大分别是/i/组、/a/组和/ə/组,从元音角度得到的鼻音尾音节知觉错误率的排序与元音音值差异上的排序大体一致:鼻音尾音节中元音音值差异越大,学习者区分这两个韵母时便更容易。本文的研究发现三组鼻音尾音节的知觉错误率由高到低分别是/i/组>/ə/组>/a/组,虽然/ə/组的知觉错误率高于/a/组,但并没有达到统计上的显著性。由于王韫佳的实验并没有统计反应时,且研究对象是日本被试,因此不能与之进行直接比较。本研究的实验结果与吴菲(2016)的研究结果比较一致,吴菲(2016)的研究表明/i/组的知觉错误率最高,/ə/组次之,/a/组最低。Tse(1992)所发现的感知清晰度等级跟本研究结果类似:/an/>/ən/>/in/。

/i/组和/ə/组在连续声学刺激的听辨实验中表现相似,原因之一可能是元音/i/与元音/ə/在舌位高低上比较接近,与鼻音尾结合时不论是元音的鼻化度还是鼻音尾鼻化度都更为接近。时秀娟等(2010)通过对鼻音尾音节中韵尾鼻化度的分析,发现前鼻尾/n/前接不同元音时鼻化度大小依次是:i(n)>e(n)>a(n);后鼻尾/ŋ/前接不同元音时鼻化度大小依次为:i(ŋ)>e(ŋ)>a(ŋ)。郭蕾等(2010)通过对普通话单音节鼻化元音的实验分析发现,元音鼻化后的鼻音度普遍增高,其中高元音/i/发音时舌位较高,与鼻韵尾组合时更容易鼻化,鼻化程度较高;低元音/a/发音时舌位较低,与鼻韵尾组合时,鼻化程度较小;中元音发音时舌位在口腔内处于中间位置,也易于鼻化,鼻化程度也相对较高。原因之二可能与/i/组鼻韵母音节在产出过程中的实际音值有关。王理嘉主编(1991:102-104)发现/iŋ/在产出过程中多了一个央元音/ə/,但这个央元音的时长很短,可以看成是舌头在高元音/i/向后鼻韵尾/ŋ/运动过程中产生的一个过渡音,因此/iŋ/的实际音值是/iᵊŋ/,王韫佳(2001)认为北京人产出的/in/也可能有一个短暂的/ə/的过渡音。

元音与鼻音尾在鼻韵母知觉过程中出现了相互干扰的效应,这或许与元音和鼻音尾的感知线索有关。元音的关键感知线索是元音的前三个共振峰(即第一、第二、第三共振峰),鼻音尾的关键感知线索是元音段(元音稳定段+鼻化元音段)的第二、第三共振峰。如此看来,两者

的关键感知线索有很大部分的重合。Pisoni(1973)发现在听力工作记忆中,稳定和动态的知觉线索有不同的衰退速度。Mirman et al(2004) 发现快速变化的声学感知线索比稳定的声学感知线索衰退更快。元音与鼻音尾有着相似的知觉线索,在听力工作记忆中有着相似的衰退速度,因此出现相互干扰的效应也很正常。在快速知觉实验范式中,元音感知阶段控制组的时长比鼻音感知阶段控制组的时长短,有研究将这一结果归因于元音和鼻音尾在知觉系统中的区分难度,相比鼻音尾,元音的区分显得更容易。如果某一维度下的信息其知觉加工越容易,那么知觉过程中受其他维度信息干扰的可能性就越小。而本文的数据表明鼻韵母音节中元音的感知受到后边鼻音尾的干扰。我们猜测元音感知阶段控制组的时长低于鼻音感知阶段控制组时长,可能并不是因为元音和鼻音尾的区分难度。之所以这么猜测,一是因为被试的母语背景能区分前后鼻音,并且被试本人也能很好地区分前后鼻音;二是因为被试在判断鼻音尾类型时需听完整个语音刺激,而在判断元音类型时可能并不需要,导致元音感知阶段的反应时明显小于鼻音尾感知阶段的反应时。

六 结论

本文主要得出以下结论:一是/i/组鼻音尾音节的知觉难度最大,/ə/组次之,/a/组最小。二是/ə/组与/i/组在声学连续感知上的表现更为接近。三是元音与鼻音尾在鼻韵母知觉过程中属于整合型加工模式,两者会相互干扰。

参考文献

董玉国 1997 对日本学生鼻韵母音的教学,《世界汉语教学》第 4 期。

郭 蕾、李永宏、于洪志 2010 普通话单音节鼻化元音的实验分析,第九届中国语音学学术会议(南开大学,2010 年 5 月 28—30 日)论文。

黄伯荣、廖序东主编 2007 《现代汉语》(增订四版),高等教育出版社。

李艳萍、曹冲、解焱陆、张劲松 2017 日本学生汉语普通话鼻音韵母知觉训练初探,第十四届全国人机语音通讯学术会议(淮海工学院,2017 年 10 月 11—13 日)论文。

李艳萍、解焱陆、冯罗多、张劲松 2016 基于连续统的汉语普通话前后鼻音关键声学线索初探,《中国语音学报》第 7 辑。

林茂灿、颜景助 1994 普通话带鼻尾零声母音节中的协同发音,《应用声学》第 1 期。

时秀娟、冉启斌、石锋 2010 北京话响音鼻化度的初步分析,《当代语言学》第 4 期。

汪 航 2012 日本留学生对汉语普通话鼻音尾韵母的知觉,北京语言大学硕士学位论文。

王理嘉主编 1991 《音系学基础》,语文出版社。

王韫佳 2001 日本学习者感知和产生普通话鼻音韵母的实验研究,《世界汉语教学》第 2 期。

王祖燕、张劲松 2014 元音部分对中日被试鼻韵母的知觉影响的研究,第九届中文口语语言处理国际会议(新加坡,2014 +年 9 月 12—14 日)论文。

吴 菲 2016 汉语第一、二语言学习者鼻音感知过程实验研究,《语言科学》第 3 期。

Eimas, Peter D. & Joanne L. Miller 1980 Discrimination of information for manner of articulation. *Infant Behavior and Development* 3:367—375.

Garner, Wendell R. 1976 Integration of stimulus dimensions in concept and choice processes. *Cognitive Psychology* 8(1):98—123.

Lee, Lisa & Howard C. Nusbaum 1993 Interactions between segmental and suprasegmental information in native speakers of English and Mandarin Chinese. *Perception & Psychophysics* 53(2): 157—165.

Larkey, Leah S., Jerry Wald & Winifred Strange 1987 Perception of synthetic nasal consonants in initial and final syllable position. *Perception & Psychophysics* 23(4):299－312.

Lin, Mengxi & Alexander L. Francis 2014 Effects of language experience and expectations on attention to consonants and tones in English and Mandarin Chinese. *The Journal of the Acoustical Society of America* 136(5):2827－2838.

Mirman, Daniel, Lori L. Holt & James L. McClelland 2004 Categorization and discrimination of nonspeech sounds: differences between steady-state and rapidly-changing acoustic cues. *Journal of the Acoustical Society of America* 116(2):1198－1207.

Pisoni, David B. 1973 Auditory and phonetic memory codes in the discrimination of consonants and vowels. *Perception and Psychophysics* 13(2):253－260.

Repp, Bruno H. & Hwei-Bing Lin 1990 Integration of segmental and tonal information in speech perception: a cross-linguistic study. *Journal of Phonetics* 18(4):481－495.

Tong, Yunxia, Alexander L. Francis & Jackson T. Gandour 2008 Processing dependencies between segmental and suprasegmental features in Mandarin Chinese. *Language and Cognitive Processes* 23 (5): 689－708.

Tse, Kwock-ping 1992 Production and perception of syllable final [n] and [ŋ] in Mandarin Chinese: An experiment study. *Studies in English Literature & Linguistics* 18:143－156.

The influence of vowels on Mandarin speakers' perception of Chinese nasal codas

Cao Chong and Zhang Jinsong

Abstract The paper designed three experiments to investigate the influence of vowels on the perception of nasal codas by Mandarin subjects. The first experiment was an identification task based on natural syllables with nasal codas. By calculating the response accuracy rate and reaction time, we found that the degree of perception difficulty among three groups of syllables with nasal codas was /i/>/ə/>/a/. The second experiment was an identification task with a continua of three nasal codas. The results showed that the category boundaries of /i/ and /ə/ were very close to each other, while both had significant differences from /a/. The third experiment employed the stimuli of /i/ and /ə/ to conduct speeded classification task, and the results showed that the vowel and nasal coda demonstrated an integral interference effect during the perceptual process of nasal finals.

Keywords vowel; nasal codas; nasal finals; perception

（**曹　冲　张劲松**　100083　**北京语言大学信息科学学院**）

（**责任编辑　陈　默**）

[本文原载《语言教学与研究》2019年第3期（总第197期）]