



武鸣壮语语音实验研究

A Study on the Phonetic of Wuming Dialectin Zhuang Language

杨锋 著



商務印書館

国家社科基金后期资助项目

武鸣壮语语音实验研究

A Study on the Phonetic of Wuming Dialect
in Zhuang Language

杨 锋 著

 商务印书馆
SINCE 1897 The Commercial Press

2017年·北京

图书在版编目(CIP)数据

武鸣壮语语音实验研究/杨锋著. —北京:商务印书馆, 2017

ISBN 978-7-100-15451-2

I. ①武… II. ①杨… III. ①壮语—语音—研究—武鸣县 IV. ①H218.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 252431 号

权利保留,侵权必究。

武鸣壮语语音实验研究

杨锋 著

商务印书馆出版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

商务印书馆发行

北京顶佳世纪印刷有限公司印刷

ISBN 978-7-100-15451-2

2017 年 11 月第 1 版

开本 710×1000 1/16

2017 年 11 月北京第 1 次印刷 印张 14 1/4

定价:38.00 元

国家社科基金后期资助项目 出版说明

后期资助项目是国家社科基金设立的一类重要项目，旨在鼓励广大社科研究者潜心治学，支持基础研究多出优秀成果。它是经过严格评审，从接近完成的科研成果中遴选立项的。为扩大后期资助项目的影响，更好地推动学术发展，促进成果转化，全国哲学社会科学规划办公室按照“统一设计、统一标识、统一版式、形成系列”的总体要求，组织出版国家社科基金后期资助项目成果。

全国哲学社会科学规划办公室

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 壮语概述.....	1
1.2 研究方法和内容	4
1.3 实验设备	11
1.4 发音人与语料	15
1.5 实验步骤	15
第二章 武鸣壮语辅音研究.....	16
2.1 清塞音分析.....	17
2.2 浊内爆音分析.....	22
2.3 鼻音声母分析.....	25
2.4 鼻音韵尾分析.....	29
2.5 复辅音分析.....	34
2.6 擦音分析.....	37
2.7 边音分析	41
2.8 近音分析.....	42
2.9 小结	44
第三章 武鸣壮语元音研究.....	46
3.1 单元音声学特征.....	46

3.2 复合元音声学特征	74
3.3 小结	81
第四章 武鸣壮语单音节声调研究	85
4.1 基频提取和声调分析	86
4.2 第一调	92
4.3 第二调	98
4.4 第三调	102
4.5 第四调	104
4.6 第五调	107
4.7 第六调	109
4.8 第七调	111
4.9 第八调	114
4.10 清浊辅音对基频的影响	117
4.11 塞尾对基频曲线影响的研究	120
4.12 小结	122
第五章 武鸣壮语双音节变调研究	123
5.1 第一调 + 第一调	124
5.2 第一调 + 第二调	125
5.3 第二调 + 第一调	126
5.4 第二调 + 第二调	128
5.5 第五调 + 第五调	129
5.6 第六调 + 第三调	131
5.7 第一调 + 第五调	132
5.8 第二调 + 第六调	134
5.9 小结	136
第六章 武鸣壮语语调研究	138
6.1 语调的研究方法	138

6.2 陈述句语调	139
6.3 疑问句语调	140
6.4 感叹句语调	142
6.5 小结	143
第七章 武鸣壮语呼吸与韵律研究	144
7.1 胸腹呼吸机制	146
7.2 壮语新闻朗读中的呼吸特征	147
7.3 壮语嘹歌的呼吸特征	149
7.4 壮语《布洛陀》吟唱的呼吸特征	152
7.5 小结	153
第八章 结论	155
参考文献	158
附录	165
1. 部分辅音数据	165
2. 部分单元音数据	176
3. 部分基频数据	183
4. 部分呼吸韵律数据	194
5. 本书编写的语音分析程序部分主要源代码	197

第一章 绪 论

民族语语言资源保护和语音信息化处理研究一直是语言学的研究热点之一,不仅具有语言学理论价值,同时在语言资源保护、言语工程(语音识别和合成)以及语言信息安全等方面也具有应用价值。

语音是语言的物质外壳,语音是大脑高度协调各个发音器官而产生的声波,在言语产生的过程中涉及呼吸、发声、调音等多方面的发音器官,言语产生过程是个多模态的过程。因此对语音的研究,单从语音波形信号的声学分析方面并不能够深入获得言语产生的规律,应从言语产生多模态的角度,综合语音、噪音、胸腹呼吸等各方面的信号来研究语音规律。

本书试图从语音多模态角度,采录壮语播音员不同类型的语料和不同种类的信号,从语音、噪音、呼吸多个角度综合研究壮语语音规律,建立多模态的壮语语音库和参数库,为壮语语言资源保护、语音工程和语言安全奠定基础。

本书录制了武鸣壮语1856个单音节、500组双音节、100个句子和30篇新闻短文,三位武鸣壮语播音员(两男一女),编写了Matlab语音分析程序,针对同步的语音、噪音和胸腹呼吸信号进行分析,提取辅音、元音、声调、变调、语调和胸腹呼吸等参数,建立了武鸣壮语有声数据库,并进行了统计分析,对武鸣壮语的辅音、元音、语调和语篇韵律进行了深入分析,建立了声调和变调的模型。

同时本书采录了壮语口传文化的两种艺术形式——壮族嘹歌和《布罗陀》吟唱“师公调”,一方面用于壮语的语言资源保护,另一方面从言语产生角度研究口传文化的胸腹呼吸机制。口传文化是语言的一种艺术形式,语音是其重要的载体。与自然语言一样,在发音的过程中依靠肺部提供动力,研究壮语口传文化的胸腹呼吸机制,可从另一个角度剖析言语产生机制。

1.1 壮语概述

壮语属汉藏语系壮侗语族壮傣语支,使用人口在1600万以上,是中国

使用人口最多的少数民族语言。主要分布在广西、云南、广东和贵州等地，其中广西境内壮语使用人口占壮语总人数的87%。广西境内的壮语以邕江和右江为界，分南部方言和北部方言，分别以龙州话和武鸣话为代表。

目前对壮语语音的研究主要使用调查描写的方法，很少使用录制语音、嗓音、呼吸等信号进行语音多模态研究的方法。

对壮语进行研究的主要著作有：

韦庆稳、覃国生著的《壮语简志》，该书首先对壮语的概况做了简要的介绍，然后从语音、词汇、语法、方言、文字等方面做了深入研究。

覃国生编著的《壮语方言概论》，该书重点研究了壮语方言。覃国生主编的《壮语概论》，不仅介绍了壮语的语音、词汇、语法、词义等，还从文化、修辞、辞格、古文字、拼音壮文等角度进行了研究。

另外李锦芳著的《侗台语言与文化》，韦景云、覃晓航著的《壮语通论》等也分别从不同的角度对壮语做了研究。

1.1.1 壮语声母

武鸣双桥壮语声母有22个：擦音声母5个：[f]、[h]、[θ]、[ɕ]、[ɣ]，鼻音声母4个：[m]、[n]、[ŋ]、[ɲ]，塞音声母3个：[p]、[t]、[k]，内爆音2个：[ɓ]、[ɗ]，边音声母1个：[l]，复辅音声母2个：[ml]、[pl]，近音声母2个：[w]、[j]，唇化音声母1个：[kw]，腭化音声母1个：[kj]，零声母1个：[∅] ([ʔ])，详情如下：

		双唇	唇齿	齿间	舌尖中	舌面前	舌面中	舌面后	喉
塞音	清	[p]			[t]			[k]	
	浊	[ɓ]			[ɗ]				
擦音	清		[f]	[θ]		[ɕ]			[h]
	浊						[j]	[ɣ]	
鼻音		[m]			[n]	[ɲ]		[ŋ]	
边音					[l]				
半元音		[w]							
复辅音	[ml]、[pl]								
腭化音	[kj]								
唇化音	[kw]								
零声母	[∅]								

表1-1 武鸣壮语声母

1.1.2 壮语韵母

武鸣壮语有韵母79个,单元音韵母6个,复韵母73个;其中开韵尾韵母11个,鼻韵尾韵母31个,塞音韵尾韵母31个,如下表所示:

[a]	[a:i]	[a:k]	[a:m]	[a:n]	[a:ŋ]	[a:p]	[a:t]	[a:u]	
	[ai]	[ak]	[am]	[an]	[aŋ]	[ap]	[at]	[au]	[auw]
[e]		[e:k]	[e:m]	[e:n]	[e:ŋ]	[e:p]	[e:t]	[e:u]	
[i]		[i:k]	[i:m]	[i:n]	[i:ŋ]	[i:p]	[i:t]	[i:u]	
		[ik]	[im]	[in]	[iŋ]	[ip]	[it]		
[o]	[o:i]	[o:k]	[o:m]	[o:n]	[o:ŋ]	[o:p]	[o:t]		
		[ok]	[om]	[on]	[oŋ]	[op]	[ot]		
[u]	[u:i]	[u:k]	[u:m]	[u:n]	[u:ŋ]	[u:p]	[u:t]		
		[uk]	[um]	[un]	[uŋ]	[up]	[ut]		
[w]	[w:i]	[w:k]		[w:n]	[w:ŋ]		[w:t]		
	[wi]	[wk]		[wn]	[wŋ]		[wt]		

表1-2 武鸣壮语韵母

壮语中[a]、[i]、[o]、[u]、[w]系列的复韵母有长短的对立,[e]系列只有长音而无短音。[p]、[t]、[k]、[m]、[n]、[ŋ]既可作声母也可作韵尾。

1.1.3 壮语声调

武鸣壮语有声调调类共8个,其中第七、第八调各有3个派调,如表1-3所示:

调类	调值	举例
第一调	23	[ʔba ¹] 粉末; 淀粉
第二调	21	[fa ²] 层(指蜂巢)
第三调	55	[ha ³] 五(基数词)
第四调	42	[ma ⁴] 马
第五调	25	[ka ⁵] 架; 辆
第六调	33	[ŋa ⁶] 爱好; 喜欢
第七调(短)	5	[hak ⁷] 吓唬; 恐吓
第七调(长1)	55	[ha:t ⁷] 吆喝; 叱呵; 责骂
第七调(长2)	14	[ha:k ⁷] 官; 官吏
第八调(短)	3	[fak ⁸] 剁(肉)
第八调(长1)	33	[fa:t ⁸] 鞭打(用细长的鞭子)
第八调(长2)	32	[fa:t ⁸] 罚; 处分; 惩罚; 处罚

表1-3 武鸣壮语声调

武鸣壮语有8个声调，12个调类。其中第一调至第六调是舒声调，促声调第七调和第八调分长短，其中短调为促声调。

1.2 研究方法和内容

本书主要从言语声学、嗓音发声、呼吸韵律三个角度对壮语的辅音、元音、声调、韵律、篇章等方面进行研究，提取声学、嗓音、呼吸三方面的参数。根据言语产生过程，分别对壮语呼吸机制、发声、调音三个环节进行深入研究。

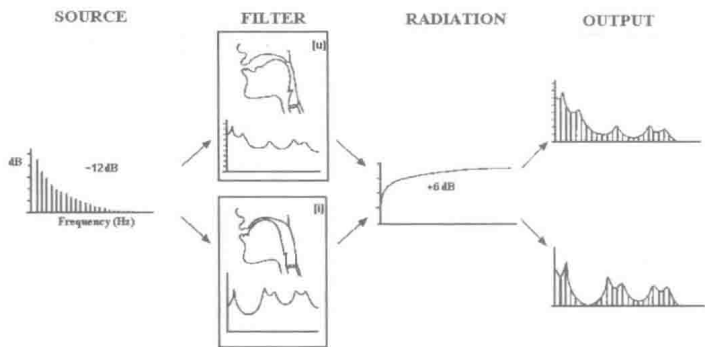


图1-1 言语产生的三个部分和过程 (Hardcastle et al., 1997)

图1-1是言语产生的一个基本原理的示意图，言语产生可以分为三个部分，第一个部分是声源，肺部气流冲击声门引起声带振动，发出声源，用频谱图表示，它的基本特性是每个倍频程下降12dB。就像吉他、小提琴等乐器的琴弦振动产生声源。第二个部分是共鸣，声源经过声道到达口腔产生共鸣效应，同时舌位的高低前后等发音器官的变化，改变了声源的共鸣特性，从而形成不同的元音。就像大提琴和小提琴，共鸣箱的不同很大程度上决定了二者的音色不同。第三个部分是唇辐射，用曲线图表示，其物理特性是每个倍频程提高6dB，最后形成语音，用共振峰包络图和频谱图表示。

1.2.1 语音声学分析

(1) 三维语图分析法

语音信号是复合波，经过FFT频率分解后，语音特征在三维语图中得以清晰呈现。X轴是时间，Y轴是频率，Z轴是强度，表现为色彩的深浅。如图1-2所示，左图和右图的音节声母并不相同，左图是清擦音[f]，声母段表

现为乱纹,集中在3000Hz-5000Hz;右图声母是送气塞音[tʰ],有明显的冲直条和送气段。在Y轴上相同的频率段上二者差异显著。

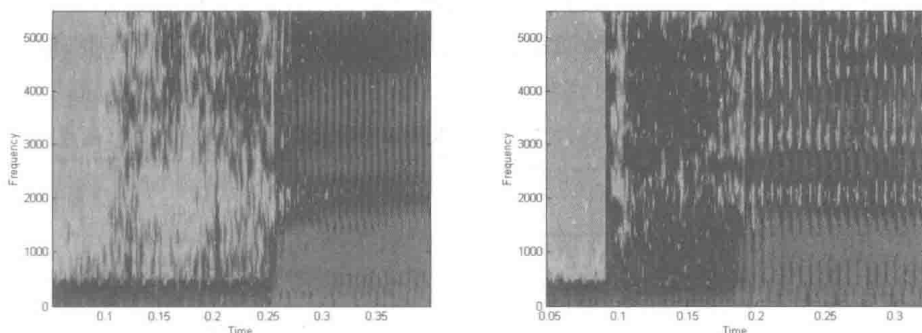


图1-2 清擦音和送气塞音三维语图

通过三维语图分析不仅可以得到辅音的特性,而且可以测得元音共振峰频率值,绘制元音的发音空间图。如下图所示是元音[a]的黑白三维语图, F1和F2在1000Hz左右靠近, F3为2800Hz。根据元音共振峰频率值可绘制出右图的声学元音图。

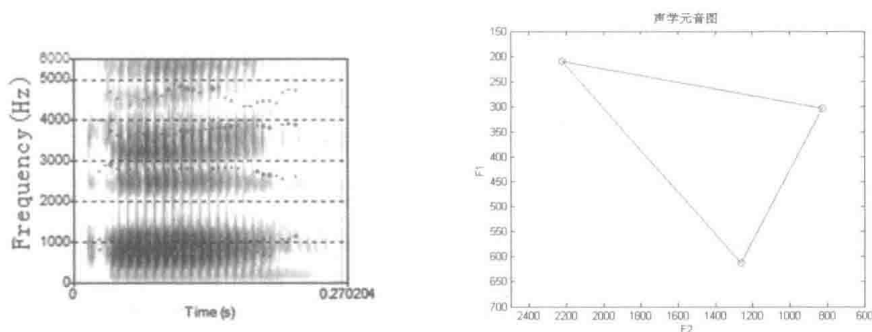


图1-3 元音共振峰和声学元音图

(2) 基频分析法

声调和语调的高低由音高决定,音高是一个心理学概念,是人们对语音高低的感知。从物理声学角度来看,音高由基频决定,声带振动越快,基频也就越高,对语音音调的感知就越高,但是音高和基频高低并不是线性关系,而是对数关系。美值(mel)是音高的单位,是通过心理听感实验得出的一个音高标度。如下左图所示,它将1000(mel)定义为1000(Hz)纯音的音高,基频越高美值也越高,但不是简单的线性关系。基频是一个声学概念,在语音中基频是乐音的周期变化频率。从物理上讲,基频是声波中各个谐

波频率的最大公约数。从生理上,基频反映的是声带振动的快慢,声带振动越快,基频也就越高。基频越高对语音音调的感知就越高。调值是基频(音调)变化模式的相对值,它是一个语言学概念,通常用五度标调法标注。使用LPC方法提取出音节基频值,然后进行基频归一化处理,即可得到如下右图所示的声调曲线。

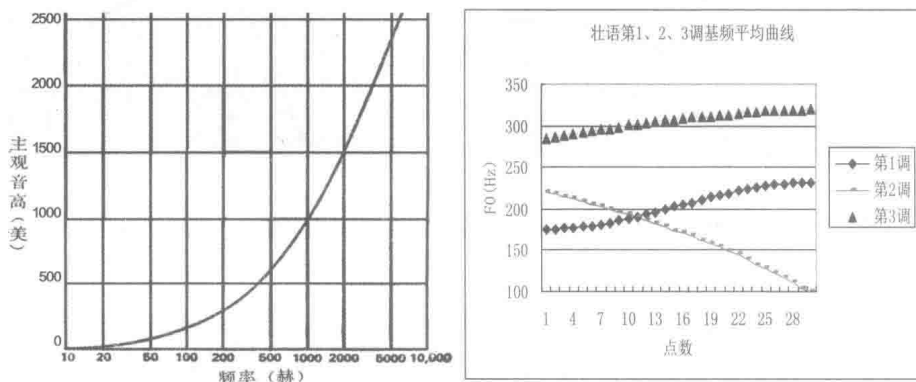


图1-4 音高响应曲线和单音节基频变化曲线

(3) 谐波分析法

在语言发声研究中,谐波分析是一种最简单易行的方法,也是最早被语音学研究人员使用的方法,说它简单是因为只要有语言的录音,就可以进行声学分析,而声学分析只要做最简单的功率谱分析即可。因此在20世纪70年代,美国的语音学家用此方法分析和研究了许多语言的发声类型,中国的学者孔江平等人也对国内的少数民族语言进行了大量的调查和分析。

谐波分析法在声学原理上主要是根据声源能量的大小,即声源谱的特性,声源谱高频能量强,导致第二以上谐波的能量大于第一谐波的能量,因此可以通过测量第一、二谐波的能量来判断噪音发声类型的不同,一般是使用第一、二谐波之比的方法,数值大说明噪音高频能量小,声源谱的能量衰减得较快。

其优点是简便易行,但这种方法也存在很多缺点,其中最主要的缺点在测量数据时共振峰对谐波能量会有影响,因此首选元音[a]作为分析的样本,这是因为[a]的第一共振峰比较高,对第一、二谐波的影响较小。如果使用了[i]、[y]、[u]作为测试样本,第一共振峰比较低高,基频的能量和第一种共振峰的能量会重叠,数据就会受到一定的影响。

(4) 频谱倾斜率分析法

人类言语噪音的特性是每个倍频程下降12个分贝,由于发音人、性别

和语言不同,这个数字会发生变化,如果一种语言中有不同的发声类型,嗓音的频谱倾斜率就会有较大的差别,这为我们研究嗓音发声类型提供了实证测量和研究的可能,但言语声波是通过共鸣以后发出来的,因此加入了声道的共鸣特性。如果要测量嗓音的频谱倾斜率,首先就要对语音进行逆滤波,在去掉了语音的共鸣特性后,才可以对信号进行频谱倾斜率的测量,这就是语音分析前的预处理。语音常常有零点存在,如果语音处理不能将所有的零点都去掉,可能会影响到最终的测量结果。

频谱倾斜率分析方法的具体做法是:1)对原始的语音信号进行逆滤波,提取出声源信号,逆滤波的方法可以使用提取语音残差的方法,也可以使用提取声门气流微分形式的方法,但这两种方法对后面提取的参数会有很大的影响,大致会有每个倍频程6个分贝的差别,前者的谱倾斜率要小,后者的谱倾斜率要大;2)对逆滤波后的信号分帧计算功率谱,然后对每一帧的功率谱做局部最大值检测;3)使用多项式拟合的方法对检测出的局部最大值进行曲线拟合,通常情况下使用二次多项式拟合;4)根据拟合出的曲线计算出嗓音每个倍频程下降的分贝数作为最终的结果,单位是每个倍频程下降多少分贝(-dB/oct)。(孔江平,2001)

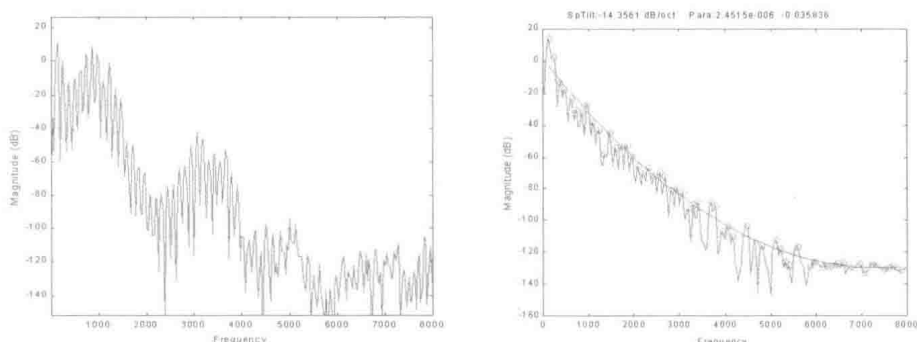


图1-5 普通语音功率谱和频谱倾斜率示意图(孔江平,2001)

图1-5是语音的普通功率谱和频谱倾斜率示意图,可看出右图中频谱下倾很平滑,这是因为经过了逆滤波,去掉了共振峰,小的圆圈是自动检测出的局部最大值,平滑线是根据局部最值得到的二次多项式拟合后的曲线,图上方的参数分别是二次多项式曲线的截距、斜率、曲率和频率倾斜率(-dB/oct)。

频谱倾斜率分析的方法可以用在许多方面:1)对一种语言的频谱特性进行定量分析;2)对一种语言不同发声类型的持续元音进行嗓音特性的定量分析;3)对病变嗓音的不同类型进行性质的描写;4)对有语言学意义的

发声类型进行分析和感知方面的研究; 5) 为语言韵律研究和韵律的建模提供基础数据; 6) 作为噪音合成的基本参数。

1.2.2 噪音发声研究

本书的壮语噪音发声研究主要是通过分析电子声门仪 (EGG) 采集喉头声门变化的生理电信号而进行。提取噪音信号使用的主要设备是内窥镜微型高速摄影, 但设备昂贵且操作需很高的专业技术, 因此使用较少。声门仪的出现确实在很大程度上推动了噪音声源的研究, 特别是在言语噪音生理和噪音病理的研究和诊断方面得到了很大的发展。使人们对声门的变化、声带的振动方式和噪音声源的研究有了很大的发展, 特别是对语言的发声类型有了更好的认识。

在语音学研究方面, 从声门阻抗信号中提取出来的基频、开商和速度商等参数可以用来很好地描写不同语言的发声类型, 因而被语音学家广泛使用。图1-6是一个典型的EGG信号参数定义示意图 (孔江平, 2001), 其横轴是时间轴, 纵轴是声带接触面积, 具体的定义如下:

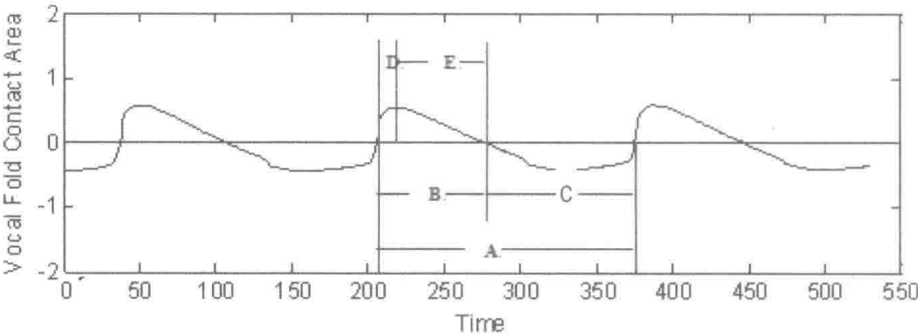


图1-6 EGG信号参数定义示意图

图中各字母所示时间段的意义如下:

A表示一个噪音周期, 定义为声门从关闭到打开的一个完整周期; B为闭相, 定义为声门关闭点到声门开启点之间的区间; C为开相, 定义为声门开启点到下一个声门关闭点的过程; D为关闭相, 指声门关闭过程中接触面积从小到大; E为开启相, 指声门从接触到分离的过程。

对应的基于EGG信号的基频、开商、接触商、速度商参数的定义如下:

基频 = $1 / \text{周期 (A)}$;
开商 = $\text{开相 (C)} / \text{周期 (A)} \times 100\%$;

接触商=闭相(B)/周期(A)×100%

速度商=开启相(E)/关闭相(D)×100%

使用EGG信号提取基频、开商、速度商等参数,需要检测声门关闭点、声带接触面积最大值点、声门关闭点的位置,采用的算法主要有三种,分别为微分方法、标准线方法以及混合方法。

本书中对EGG信号参数计算采用的是微分法和标准线法相结合的方式,标准线水平为25%。使用本人编写的言语呼吸韵律分析系统(国家软件著作权号:软著登字第0393007号)对嗓音进行分析。程序界面如下图所示,上栏显示波形、振幅、汉字和韵律层级等。下栏显示提取出来的基频、开商和速度商参数。将各音节归一化后的基频、开商和速度商参数输出到Excel表格中,同时可输出某段嗓音信号归一化后的基频、开商和速度商参数。

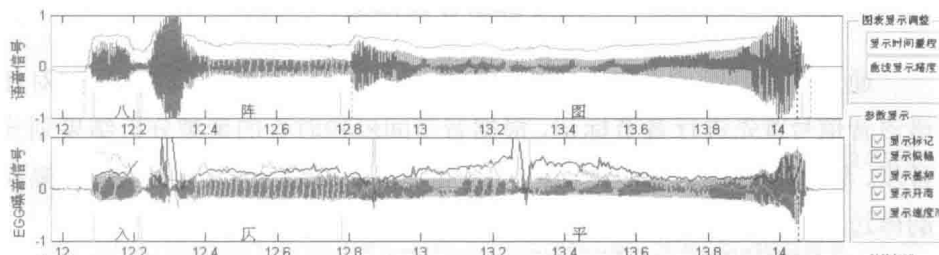


图1-7 嗓音分析界面

通过程序提取音节的开商、速度商和基频参数之后,即可得到发声三维空间图,以及基频、速度商、开商三者间的变化关系图。如下图所示,是平声字在朗读和吟诵中的发声特征比较以及三者间的变化关系图。

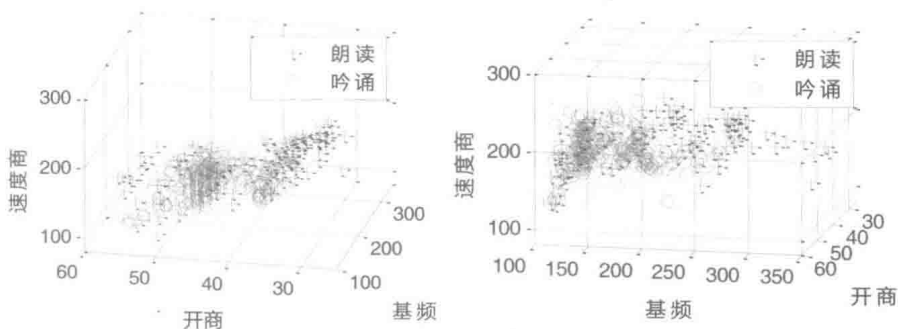


图1-8 朗读与吟诵中平声字发声三维空间分布对比

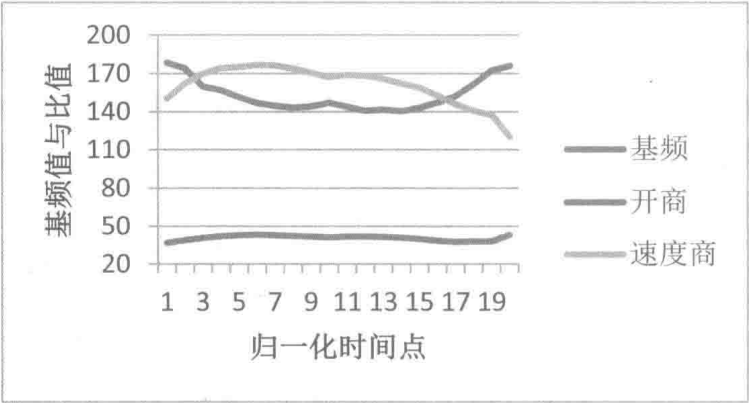


图1-9 句末平声字基频、速度商、开商三者间的变化关系
(从上到下三条曲线依次是速度商、基频、开商)

1.2.3 呼吸韵律研究

通过胸腹呼吸信号和语音信号研究壮语的呼吸机制和韵律特征。对壮语语音信号首先进行音节标记, 根据音节间停顿时长的聚类分析结果划分音步、韵律短语、韵律句等韵律单元, 输出各韵律单元时长、基频、振幅和韵律边界时长等参数到Excel表格。

本人编写的言语呼吸韵律分析系统的呼吸分析界面如下图所示:

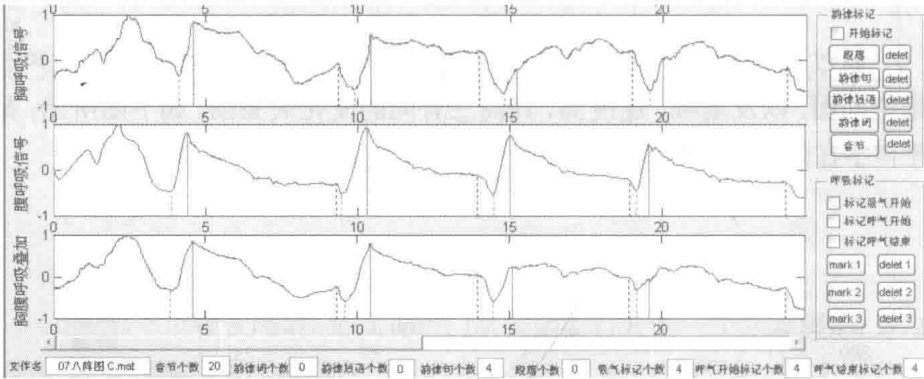


图1-10 呼吸信号处理平台

第一窗口显示胸呼吸信号, 第二窗口显示腹呼吸信号, 第三窗口是对胸腹呼吸经过计算后的的信号。

呼吸参数定义如图1-11所示, 以腹呼吸为例, 横轴是时间, 纵轴是呼吸幅度, 曲线是腹呼吸信号, 灰度波形背景是同步的语音信号, 曲线上升表示