

艺术嗓音中不同唱法的元音共振峰研究

王建群^{1,2} 高下¹ 刘晓宙² 冯雨霖² 沈晓辉¹ 俞晨杰¹ 杨烨¹

[摘要] 目的:探讨不同艺术嗓音(美声、民族、京剧)在声谱图上的重要参数——共振峰的表现特征。方法:使用 MATLAB 软件,对上述 3 类艺术嗓音稳态元音样本进行短时傅里叶变换及声图分析。结果:美声歌手按其声部的不同,其歌手共振峰有不同的表现;民族歌手声图上显著的特点是第一、第二、第三共振峰,即 F_1 、 F_2 、 F_3 非常连续,能量变化十分均匀。京剧唱腔共性特点是可见共振峰频谱相当宽,各共振峰间过渡柔和,谐波非常丰富,出现类似西方美声的歌手共振峰的峰群(一般是 2 个峰)。结论:歌唱艺术嗓音在声图的共振峰参数上有其不同的属性及各自存在的特征,在客观评价和预测鉴定方面有重要的参考价值。

[关键词] 嗓音;共振峰;谐波;美声唱法;民族唱法;京剧艺术

[中图分类号] R767.92 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-1781(2008)15-0679-04

The investigation of formant on different artistic voice

WANG Jianqun^{1,2} GAO Xia¹ LIU Xiaozhou² FENG Yulin²
SHEN Xiaohui¹ YU Chenjie¹ YANG Ye¹

(¹Department of Otolaryngology, Drum Tower Hospital, Medical College of Nanjing University, Nanjing, 210008, China; ²Laboratory of Modern Acoustics, Nanjing University)

Abstract Objective: To explore the characteristic of formant—a very important parameter in the spectrogram of three types of artistic voice (western mode; Chinese mode; Beijing opera). **Method:** We used MATLAB software to make the short-time Fourier transform and spectrogram analysis on the homeostasis vowel examples of the three types. **Result:** The western mode had different representation “singer formant” (F_s) based on the voice part; the Chinese mode’s notable features were that F_1 , F_2 , F_3 were continuous and the energy of them changed softly; the Beijing opera had the common representation which was a very wide formant and there was soft transition between formants and various harmonic, besides it showed a similar component like the “ F_s ” (two formants connected normally). **Conclusion:** Different artistic voice showed their own characteristics of the formant parameter in the spectrogram, which had important value on the identification, objective evaluation and prediction.

Key words Artistic voice; Formant; Harmonics; Opera singing; Folk singing; Art of peking opera

歌唱声学是由语言声学和音乐声学结合的一个新研究分支,歌手共振峰(singer formant, F_s)是其核心课题之一。本文通过对 3 类艺术嗓音元音样本的研究分析,总结 F_s 于美声歌手不同声部的表现特征,探讨中国民族唱法以及京剧唱腔在声图上,特别是共振峰上表现出的特征,以利于客观评价,为预测和鉴定歌唱者嗓音的明亮度和穿透力发挥作用。

1 资料与方法

对于不同类的艺术嗓音进行声图分析,其中美声样本共 138 例,民族 195 例,京剧 9 个行当共 112 例。纳入标准:①年龄 20~64 岁;②从事专业演出 4 年以上;③口齿清楚,听力正常;④近期无演出任务;⑤半个月来无感冒、声嘶等症;⑥无吸烟、酗酒等嗜好。另外检测嗓音健康人群志愿者 420 例,纳入标准:①年龄 20~58 岁;②讲普通话,口齿清楚,听力正常;③无咳嗽、感冒、声音嘶哑史;④无吸烟、酗酒史。分析中用 MATLAB 和 Dr. Speech 3.0 软件对样本进行短时傅里叶变换作出声图^[1],

着重研究频率-能量分布图,观察其共振峰特点,元音样本为[æ]、[a:]、[i:]。为方便统一,下面的叙述均只讨论[a:] 的分析结果,并不影响其统计规律。

2 结果

2.1 正常男、女发声共振峰特征

对 420 例噪音健康男、女元音样本进行分析后得到其共振峰分布统计,见表 1。图 1、2 分别给出正常男、女性[a:]发声的频率-能量分布图。

表 1 正常男女元音共振峰统计均值 Hz

性别	例数	元音	F_0 中位数	F_1 中位数	F_2 中位数	F_3 中位数
男	270	æ	141.23	842.8	1 046.6	3 339.0
		a:	138.19	592.3	981.6	2 596.7
		i:	155.21	340.0	2 366.2	3 214.5
女	150	æ	236.22	919.7	1 245.1	3 096.4
		a:	241.56	644.6	1 422.7	2 977.4
		i:	255.21	413.8	2 730.0	3 404.3

2.2 美声发声共振峰特征

对美声样本 138 例进行分析后,对歌手高共振峰的频带分布作了统计,发现频带范围随声部的不

¹南京大学医学院附属鼓楼医院耳鼻咽喉科(南京,210008)

²近代声学教育部重点实验室(南京大学)

通讯作者:王建群(Email: yfxj2008@sina.com)

同而不同,由低到高分别为:男中音,男高音,女中音,女高音。这对声部鉴别可以起到客观参考评价的作用。图3~6为4个声部的频率-能量分布图,可以看到男高音和男中音都在500 Hz附近有能量加强,特别是男中音表现明显,并且,4个声部的F₂都不同程度地向高频区靠拢,从而与F₃、F₄、F₅(可缺峰)形成歌手高共振峰。

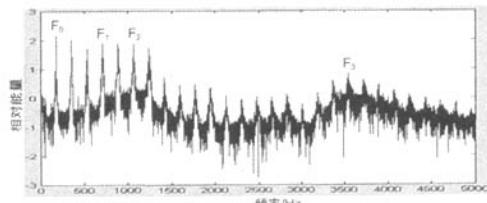


图1 正常男性[a:]发声频率-能量分布

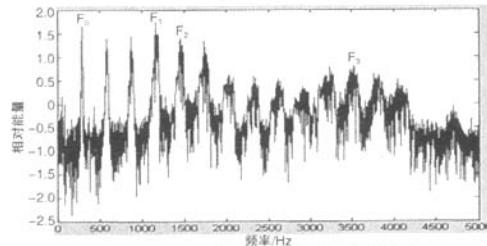


图2 正常女性[a:]发声频率-能量分布

表2 美声唱法歌手[a:]发声共振峰频带范围 Hz

声部	例数	F ₀ 中位数	歌手高共振峰频带大致范围
女高音	46	268.33	2500~4200
女中音	12	242.55	2500~3600
男高音	63	166.25	2000~3500
男中音	17	154.34	1700~3000

2.3 民族发声共振峰特征

中国民族唱法和西洋美声唱法是有根本区别的,因此民族唱法歌手的语音样本是不会出现Fs的。分析195例样本(男高音85例,男中音22例,女高音67例,女中音21例),归纳民族唱法歌手元音声谱图一些特点:民族唱法歌手声谱图上表现为线条整齐清晰,F₁、F₂、F₃清晰可见,少有噪声。一个最显著的特点就是F₁、F₂、F₃非常连续,能量递减十分均匀,就如我们平时听民族唱法歌手演唱时,感觉非常平和、亲切、自然。由于4个声部的声图特点差不多,我们仅举样本较多的男中音、女高音中2个典型图例作说明。

图7是典型民族男中音声图,1000 Hz附近F₁、F₂清晰可见,然后一个柔和的宽峰至近3000 Hz的F₃,再柔和地下降,全频带几乎没有噪声。

图8是典型民族女高音声图,该图从3000 Hz

以上F₃开始的区域出现类似美声的Fs,但是还是有区别的,主要表现在能量相对不足。这样的情况可以用一个现实情况解释,就是有些民族唱法的歌手,特别表现在女高音,借鉴了西洋美声唱法的一些经验,以提高自身演唱能力,于是在声谱图上表现出一些西洋美声的特点。

2.4 京剧发声共振峰特征

京剧作为中国的国粹,经数百年发展已经自成体系,因此不能简单地按照研究西方美声或者中国民族唱法的方式去判定京剧演员声图特点,但是可以从共振峰的概念出发得出一些可供参考的结果。

研究通过对京剧噪音样本共9类:老生,小生,武生,青衣,老旦,花旦,武旦,花脸,丑行(生、旦、净、丑4大类共112例);仅从共振峰角度进行分析,得出一些可供参考的结果。总的来说,京剧唱者元音声谱图的共性特点是可见共振峰频谱相当宽,一般来说易见4000 Hz左右的F₄,各共振峰间过渡柔和和谐波非常丰富,且不同唱角会在不同频带形成类似西方美声的Fs的峰群(一般是2个峰)。按“生”、“旦”、“净”、“丑”4类,可以从图9~14看出峰群分布特点。表3描述了“生”、“旦”、“净”的峰群频带分布统计均值:“净”的频带最宽,但是频率最低;“生”频带次宽,频率范围较高;“旦”除了武旦比较特殊外,其余均有较明显峰群,频带最窄,但是频率最高;“武旦”的F₂出现向右移位的情况,提升2000~3000 Hz中频区的能量,这和西洋美声有异曲同工之处;“丑”最为特殊,声图看来很难与民族男中音区分,这也提示我们对京剧这一特殊唱腔,仅用共振峰一个参数是不能全面描述其特点的,应发掘更多的参数才能更好地分析。

表3 京剧各行当[a:]发声峰群频带范围 Hz

京剧行当	例数	峰群频带范围
生	44	2700~3700
旦(除武旦)	51	3700~4300
老旦	9	2500~3200
净	5	2000~3500
丑	3	2500~3600

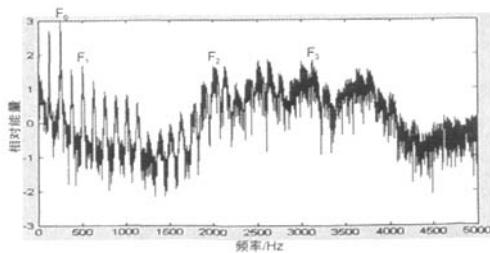


图3 美声男高音[a:]发声频率-能量分布

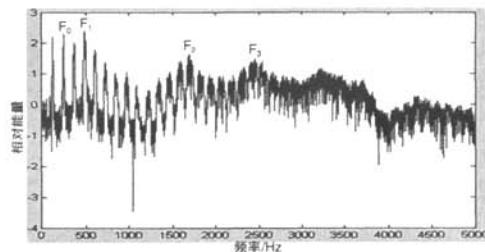


图 4 美声男中音[a:]发声频率-能量分布

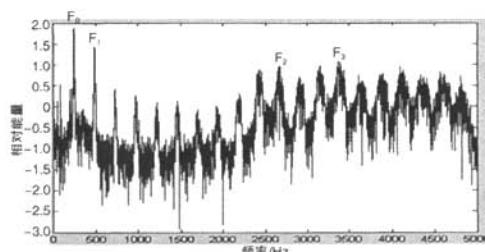


图 5 美声女高音[a:]发声频率-能量分布

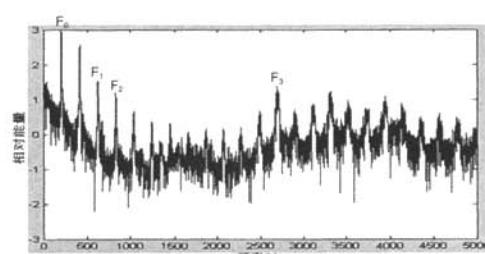


图 6 美声女中音[a:]发声频率-能量分布

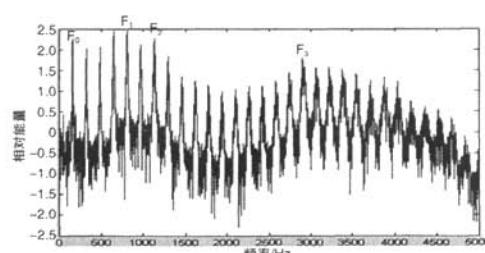


图 7 民族男中音[a:]发声频率-能量分布

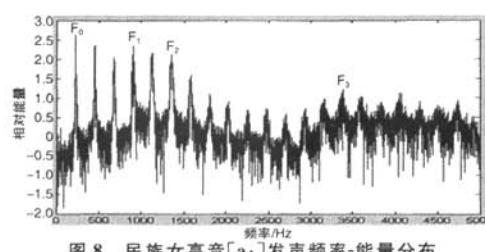


图 8 民族女高音[a:]发声频率-能量分布

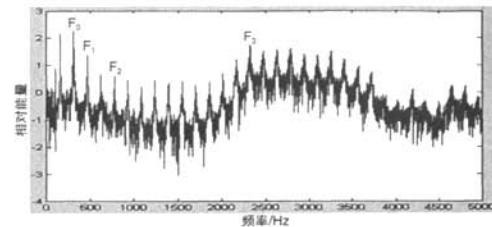


图 9 京剧“净”[a:]发声频率-能量分布

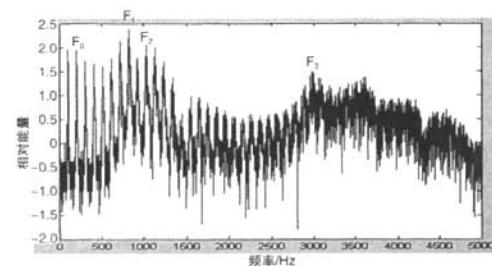


图 10 京剧武生[a:]发声频率-能量分布

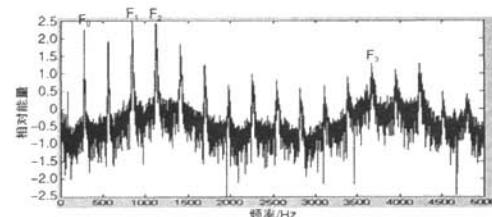


图 11 京剧“旦”[a:]发声频率-能量分布(除武旦)

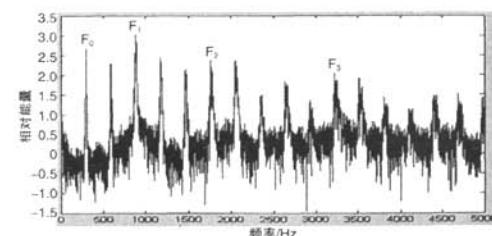


图 12 京剧武旦[a:]发声频率-能量分布

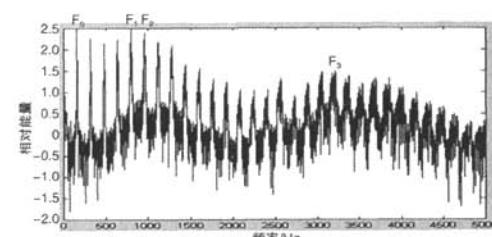


图 13 京剧“丑”[a:]发声频率-能量分布

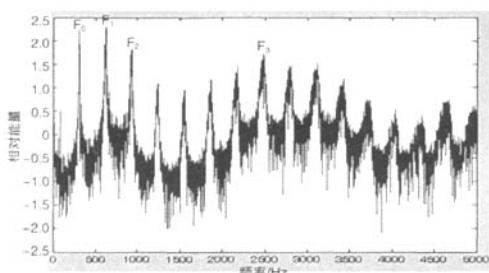


图 14 京剧老旦[a:]发声频率-能量分布

3 讨论

歌唱发声是一个物理声学、音响学、心理学的现象,因此我们说歌唱运动是生理、物理、心理“三位一体”的行为,这里重点讨论振动和共鸣 2 个过程带来的影响。声带振动是个复杂的三维运动,在胸声区稳态元音条件下,声带的质量、长度、厚度、张力及弹性均会不同程度的影响声带的运动。研究表明在胸声区发声时,声带接触率和声带的厚度、宽度呈反比,与声带的张力呈正比^[2]。在语言声方面重点研究元音,元音共振峰为特殊元音频谱中由共振形成的一些声能较集中、幅值较大的谐波成分。业内比较统一的认识是:正常成人元音声谱图谐波呈正弦、连续、均匀、规律的波纹,共振峰带明显且清晰,高频区很少噪声成分^[3,4],不同元音有其不同的声道形成方式,并有其特殊的音色,大体说来,每种音色都是由一系列被加强了的频率构成。换句话说,一个人想发出某个元音时,他首先需要调整自己的声道构成,而声道对振动器官振动激发出的某一些特定的谐波频率进行加强从而发出需要的元音,这一系列频率被称为共振频率,在声谱图上将表现为一系列共振峰。这里要说明的是,这些频率并不仅是单一的频率,而是有一定宽度的频带。这些被增强的共振峰由低频到高频顺次用 F_1 、 F_2 、 F_3 ……表示。一般来说, F_1 、 F_2 就规定了元音音型,而 F_3 及其以上的共振峰则影响着声音的个人特征及音色。笔者认为:不管是美声唱法、民歌唱法还是通俗唱法,不管是中音还是高音,衡量其声音的标准是一样的,而唱法的差别是在咬字、吐字、情感表达方式等方面。至于声部的问题,是建立在良好的演唱方法,使其真实地再现嗓音的自然条件。Bartholomew 在 1934 年首先提出歌手高共振峰的概念之后,这个概念一直在不断地修正和发展中。Sundberg 于上世纪 70 年代提出歌唱共振峰(Fe)的,主要是针对西洋美声唱法。现在人们一般将 Fs 称为 Fs, Fs 在声谱图上的表现实际为 F_2 、 F_3 、 Fe 、 F_4 4 个峰的某些组合(可缺峰),

这些组合峰区域的能量很大。而具有优良共鸣声的男、女歌手在唱音时,往往进行声道调节,使其共振峰的频率按不同程度趋近或重合于有关相邻的谐波分量,从而带权地增加各共振峰^[5]。本文对 Fs 提出的描述是基于样本分析的结论,将其叙述为 F_2 、 F_3 、 Fe 、 F_4 4 个峰的某些组合(可缺峰)^[6,7]。

民族唱法和京剧唱腔是中国歌唱声学的特色,目前国内专家对它们的研究较少^[8]。关于京剧艺术,有些文章也提出京剧唱腔同样会出现 Fs, 经研究分析,确实发现了类似的峰群,但因 Fs 的概念无论研究对象还是描述特征都是针对西方美声唱法^[1],这和京剧的某些行当的发声机制是完全不同,并且京剧声图中无论是峰群本身特点还是伴随的谐波分布情况等细节特征与 Fs 还有一些差别,因此为叙述严谨起见,本文并未将其称为 Fs,而暂以峰群叙述之。另外,京剧唱腔中还存在“武旦”以及“丑”的不出现峰群的特殊情况,这提示我们应该去寻找其他的参数,与峰群结合,形成一套京剧唱腔特有的参数集,来描述分析京剧这一中国国粹博大精深的内涵。声乐艺术是用人声演唱出来的音乐,由于美声、民族唱法和京剧演唱的发声部位前后稍有差异,发出的声音从音色上有很大区别,不同的艺术门类应相互借鉴其科学的一面,而又不失本身的风格和特点。

参考文献

- [1] RABINER L R, SCHAFER R W. Speech digital signal processing [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 1978, 192: 196–200.
- [2] SLAVIT D H, LIPSON R L, MECAFFREY T V. Phonatory vocal fold function in the excised canine larynx [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 1990, 103: 947–956.
- [3] 郭志祥. 声图及其在喉科的临床应用 [M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1991: 79–148.
- [4] 杨式麟, 胡连生, 韩仲明. 噪音频谱分析及其临床应用 [J]. 中华耳鼻咽喉科杂志, 1986, 21(5): 275–278.
- [5] 王士谦. 关于歌手共振峰概念的由来及一些讨论 [J]. 应用声学, 1987, 6(4): 10–14.
- [6] 韩宝强. 中西歌唱发声体系声音形态的比较研究 [J]. 文艺研究, 1996, 18(2): 82–91.
- [7] MOORE D M, BERKE G S. The effect of laryngeal nerve stimulation on phonation: a glottographic study using an in vivo canine model [J]. J Acoust Soc Am, 1998, 83: 705–705.
- [8] 杨式麟, 杨和筠. 近 10 年来嗓音学的进展 [J]. 中华耳鼻咽喉科杂志, 1989, 24(5): 292–293.

(收稿日期: 2007-10-15)