

◇ 研究报告 ◇

中国粤剧旦角发声特性实验研究

盖磊 赵越喆[†]

(华南理工大学建筑学院 亚热带建筑科学国家重点实验室 广州 510640)

摘要 戏曲演员发声特性是厅堂音质研究的重要基础数据。为研究中国粤剧旦角演员发声特性,在全消声室内以 4 位花旦、2 位青衣和 1 位老旦为例,针对念白、清唱和语言三种发声方式,在大、中、小三种发声力度下,分析不同旦角演员在 0.3 m 处的声压级、动态范围和频率特性曲线,探讨发声特性与发声方式、发声内容、发声力度和行当之间的关系。结果显示在相同的发声力度下,声压级由大到小的发声方式依次为清唱、念白和语言;老旦的动态范围最大,其次是青衣和花旦;清唱内容对发声频率特性曲线影响较小,而发声方式和行当影响较大;演员以不同力度发声时各频率特性曲线形状相似。该文的实验结果将为戏曲厅堂音质设计、建筑物隔声设计和电声系统设计提供科学依据。

关键词 戏曲建筑,发声特性,动态范围,长时平均谱

中图法分类号: TU112

文献标识码: A

文章编号: 1000-310X(2019)02-0230-07

DOI: 10.11684/j.issn.1000-310X.2019.02.012

Acoustical study of female character types' voices in Chinese Cantonese Opera

GAI Lei ZHAO Yuezhe

(School of Architecture, State Key Laboratory of Subtropical Building Science, South China University of Technology,
Guangzhou 510640, China)

Abstract The acoustical characteristics of Chinese Opera actors are basic data for acoustical design of opera house. In order to analyze Chinese Cantonese Opera music, audio signals were recorded for four performers of young female character type, two performers of middle-aged female character type and one performer of old female character type in anechoic chamber. Recordings were made of the singers' speech, recitatives and singing from their roles with three different vocal intensities. Sound pressure level at 0.3 m, dynamic range and spectrum characteristics were discussed. The results show that sound pressure level of singing is higher than other production modes in the same vocal intensity, and the largest dynamic range is observed in the old female character type. Differences in the spectrums due to singing content are not discovered, and vocal intensity level has little effect. Large differences are found in production modes and character types. The results of the experiment will provide scientific basis for the acoustical design, building sound insulation design and electroacoustic system design.

Key words Chinese opera house, Acoustical characteristics, Dynamic range, Long-term average spectrum

2018-10-11 收稿; 2018-12-28 定稿

作者简介: 盖磊 (1980-), 女, 山东济南人, 博士研究生, 研究方向: 建筑与环境声学。

[†] 通讯作者 E-mail: arzhzyh@scut.edu.cn

0 引言

中国戏曲、古希腊戏剧和古印度梵剧被誉为世界三大古老戏剧文化,其中中国戏曲也是世界上仅存的古老戏剧文化,在世界文化艺术宝库中占有重要地位。中国戏曲文化在蓬勃发展的同时,也造就了颇具特色的戏曲建筑。随着戏曲的发展,戏曲建筑经历了从殷代宛丘、宋代勾栏、元代戏台、明清戏场等中国传统戏曲戏场,到近现代戏曲剧院的一系列转变^[1-2]。近年来,戏曲建筑引起了研究人员的广泛关注^[3-5]。在已有的戏曲建筑研究中,研究人员多从建造历史和建筑形式等方面进行了深入系统的研究,但对其声学特性的研究仅通过现场测量和查阅文献资料的方法进行了初步探讨^[6-7];在已建成的戏曲剧院音质设计中,研究人员多参照西洋歌剧院音质设计理论,尚缺乏对中国戏曲演出厅堂的科学研究。因此,对中国戏曲演出厅堂开展独立系统的音质研究具有重要意义。

演员的发声特性是建筑声学音质研究和设计不可或缺的基础数据^[8]。中国戏曲的发声方式与特性和西洋唱法显著不同,中国戏曲最显著、最独特的艺术特点就是“曲”,其欣赏效果和表演效果均与戏曲建筑的声学特性密不可分。因此,对戏曲演员发声特性开展研究是中国戏曲演出厅堂音质研究的重要基础和组成部分。粤剧是中国戏曲文化的重要代表,广泛流行于广东、广西、香港和澳门等粤语方言地区。本文以粤剧旦角发声为例,研究其演员发声特性,实验所得结果不仅可为戏曲厅堂音质设计、建筑物隔声设计和电声系统设计等提供科学依据^[9-11],还可用于保存和丰富中国戏曲音乐基础数据,另外对嗓音训练和保护也具有一定的参考价值。

1 研究方法

1.1 实验人员

旦角是中国传统戏曲角色行当,指戏曲中的女性形象,可分为花旦、青衣、老旦等类型。花旦主要扮演天真烂漫、性格开朗的妙龄女子,其唱腔注重活泼俏皮、清脆、柔婉;青衣主要扮演性格刚烈、举止端庄的青年或中年女性,其演唱注重端庄大方、清丽、嘹亮;老旦则主要扮演年迈苍老、行动迟缓的老年妇女,其表演注重稳健厚实,声音宽厚洪亮、圆润。

表演时,花旦和青衣使用子喉(假嗓)演唱,而老旦的行腔多用平喉(真嗓)。

本研究共选择粤剧旦角演员7位,其中花旦4人、青衣2人、老旦1人,来自广州粤剧院,年龄在24至40岁之间,唱龄为10至18年,均具有实际演出及录音棚录制经验,听力正常,且近半个月无感冒、声音嘶哑等症状。

1.2 实验方案

研究中演员的发声方式有清唱、念白和语言三种,发声内容依次为清唱粤剧固定曲目、清唱粤剧自选曲目、清唱粤剧工尺谱(发声基本功)、念白、用普通话和粤语分别朗读粤剧固定曲目的唱词。演唱内容均选自粤剧传统剧目和经典剧目,且能代表该行当的典型唱腔。由于老旦演员不会讲普通话,因此未做普通话朗读的发声。

为研究发声力度对演唱发声特性的影响,声音采集时要求演员分别以大、中、小三种不同力度发声。对于歌唱声,大力度为演员使用自然声在舞台表演时所用力度,中力度为演员使用电声辅助在舞台表演时所用力度,小力度则为演员表演时可以发出的最小声音;对于语言声,大力度为演员所能发出的最大声音,中力度为演员日常交流时的声音大小,小力度则为可以发出的最小声音。

由于全消声室与通常的演出环境不同,因此要求演员先在全消声室内进行适应性练习,适应环境以后再进行正式测试。为了保证演员发声的稳定性和数据分析的需要,每个测试内容均发声两次,每次发声时间为1 min^[12]。

1.3 实验环境与设备

实验房间的声学特性会对演员发声特性分析有一定影响^[13],为了避免这种影响,实验选在华南理工大学亚热带建筑科学国家重点实验室的全消声室内进行。

实验采用1/2" B&K 4189-A-021型自由场传声器和前置放大器采集声音信号,使用B&K LANXI 3050-A-060音频模块和PULSE LABSHOP数据记录软件对声音信号进行录制与分析,录制文件的采样频率为65.536 kHz,量化精度为16 bit。实验开始前使用声校准器在测量频率范围内对测量系统进行校准。录音过程中,传声器指向演唱者嘴巴轴线

方向,传声器到嘴巴的直线距离为0.3 m,约在嘴巴正下方0.15 m。

1.4 数据处理

实验录制的声音文件采用长时平均谱(Long-term averaged spectrum)的声学分析方法^[14]。长时平均谱是一种专门针对语言和歌唱声的有效分析方法^[15],其曲线既可以表征噪音声源特性,又可以描述噪音在一段时间内的频率特性和共振峰特征^[16]。长时平均谱是把声音信号分割成短的时间窗,进行短时傅里叶变换,然后计算每个时间窗的功率谱,再对所有时间窗的功率谱数值求平均所得。一般认为在10~40 ms的时间间隔内,人类发声基本固定不变,频谱特性随时间变化缓慢,因此对其进行长时平均谱分析时窗长控制在10~40 ms之间。

对声音样本进行长时平均谱分析,采用2048点快速傅里叶变换,上限截止频率为25.6 kHz,采样频率为65.536 kHz,分析窗为汉宁窗,窗重叠率为50%,因此窗长为31.25 ms,频率分辨率为32 Hz。

2 实验结果及分析

2.1 声压级特性

分析声音样本的等效连续声级,数据结果如表1所示。从表1中可以看出,花旦和青衣清唱工尺谱的声压级最大,老旦清唱自选曲目的声压级最大,虽然清唱内容不同但三个行当的发声声压级均各自较接近,说明清唱的声音大小与内容关系不大;对于大力度下不同的发声方式,演员清唱的声压级最大,其次是念白和语言;清唱时的声压级比念白时高0.5~3.8 dB;念白声压级比语言声压级高

表1 大力度下0.3 m处的声压级及动态范围

Table 1 Equivalent continuous sound level and dynamic range at 0.3 m with great intensity

发声方式	声压级			动态范围		
	花旦	青衣	老旦	花旦	青衣	老旦
普通话朗读	77.9	75.7	—	7.3	9.1	—
粤语朗读	79.2	78.0	84.0	8.8	9.9	13.7
念白	82.8	84.3	84.8	10.5	9.2	12.6
清唱工尺谱	85.3	87.8	87.1	7.4	11.1	11.4
清唱固定曲目	83.3	86.1	88.6	7.9	8.0	15.6
清唱自选曲目	83.7	86.1	85.3	8.9	8.5	11.7

0.8~8.6 dB。对于动态范围,老旦的动态范围最大,其次是青衣和花旦;同一行当的演员,其语言、念白和清唱粤剧三种发声方式的动态范围相差不大。

2.2 发声频率特性曲线

由于篇幅所限,无法显示所有原始测量结果。图1和图2给出了花旦清唱固定粤剧曲目和青衣普通话朗读的频率特性曲线,图中的细线为每位演员的频率特性曲线,粗实线代表每个行当的平均频率特性曲线。从频谱图中可以看出,同一行当演员的频率特性曲线既有共性特征也有个性差别。

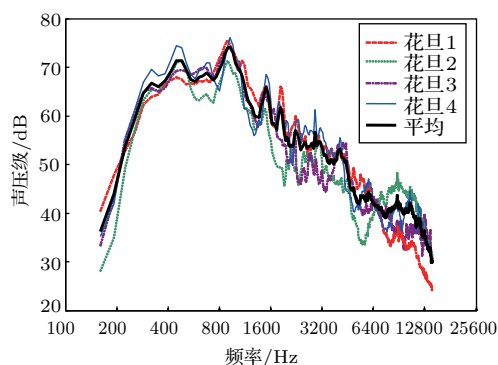


图1 花旦清唱粤剧曲目频率特性曲线

Fig. 1 Spectrum curve for singing performed by young female character type

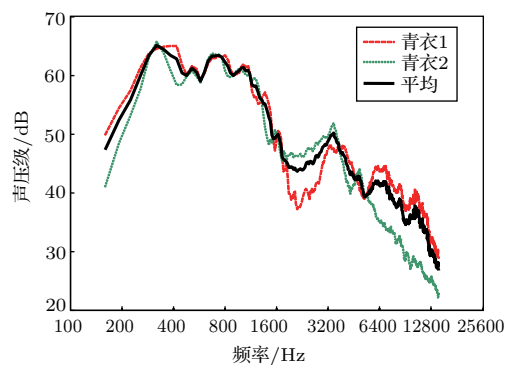


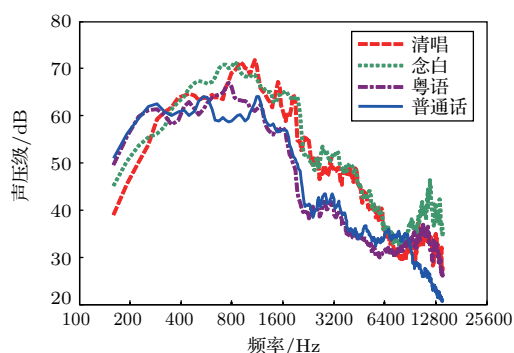
图2 青衣普通话朗读频率特性曲线

Fig. 2 Spectrum curve for Mandarin speech performed by middle-aged female character type

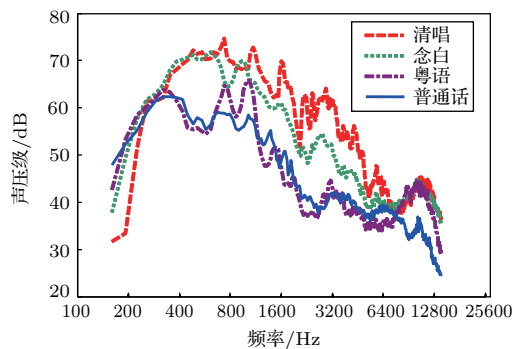
2.2.1 发声方式对发声频率特性曲线的影响

分别绘制旦角在清唱、念白和语言发声方式下的频率特性曲线,如图3所示。从图中可以看出发声方式不同时,演员的发声频率特性曲线形状有些区别。以花旦为例,清唱时声压级的最大值出现在896 Hz,声压级为71.5 dB,此后随着频率的增加声压级逐渐降低,下降斜率为13 dB/oct,在7840 Hz声压级降到最小值29.6 dB之后开始上升,

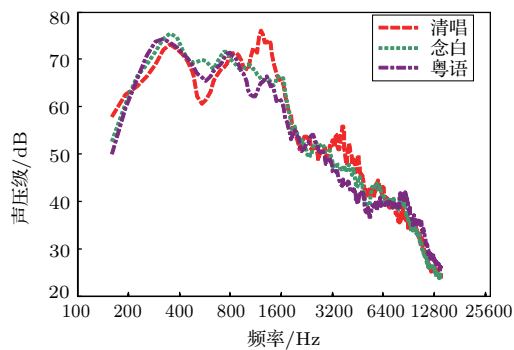
在 10110 Hz 达到次高峰 37.3 dB; 念白时声压级最大值出现在 832 Hz (71.4 dB), 此后曲线也随着频率的增加而逐渐降低, 但下降斜率比清唱时的下降斜率略低为 12 dB/oct, 在 7840 Hz 降到最小值 32.7 dB 之后开始上升, 在 11870 Hz 达到次高峰 46.3 dB; 粤语朗读时, 曲线在 768 Hz 达到声压级最大值 67.0 dB 之后下降到最小值 5952 Hz (29.9 dB), 次高峰出现在 10820 Hz 大小为 36.8 dB; 普通话朗读时, 频率特性曲线在中低频起伏变化较大, 分别在 288 Hz (62.5 dB)、576 Hz (63.9 dB)、1152 Hz (64.1 dB) 出现了三个小的峰值之后开始跌宕下降,



(a) 花旦



(b) 青衣



(c) 老旦

图3 旦角清唱、念白和语言频率特性曲线

Fig. 3 Spectrum curve for singing, recitative and speech performed by female character types

在 10000 Hz 附近也没有出现次高峰。从曲线的走势看, 花旦粤语朗读、念白和清唱的频率曲线形状并没有太大差异, 只是曲线中的峰值区域逐渐向中高频发生偏移, 但普通话朗读的频谱形状与其他曲线相差较大。

2.2.2 发声内容对发声频率特性曲线的影响

为考察发声内容对发声频率特性曲线的影响, 测试时要求每位演员分别清唱两首不同曲目, 图4和图5分别给出青衣和老旦清唱不同曲目时频率特性曲线, 从图中可以看到两条曲线的相似程度较高。为了定量研究曲线的相似度, 对同一图中的两条曲线求相关系数 r , 并对每条曲线分别作直线拟合求其斜率和截距, 结果如表2所示。从表2中可以看出, 清唱不同曲目时频率特性曲线的相关系数均在 0.99 以上, 斜率和截距的数值也较接近, 两条曲线的相似度极高。

可见, 发声方式一定时发声内容对旦角演员的发声频率特性曲线影响较小, 这一特性与文献[17]

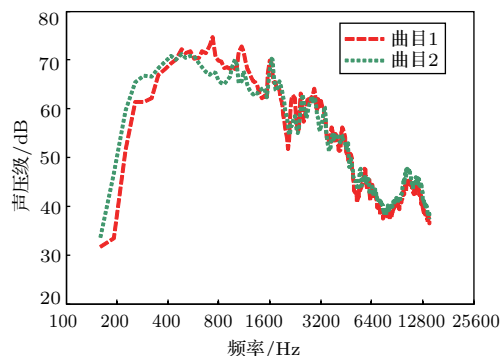


图4 青衣清唱不同曲目时频率特性曲线

Fig. 4 Spectrum curve for different songs performed by middle-aged female character type

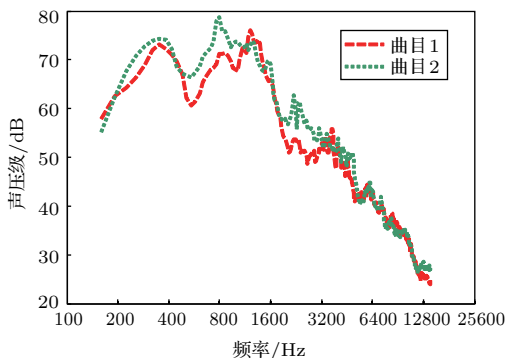


图5 老旦清唱不同曲目时频率特性曲线

Fig. 5 Spectrum curve for different songs performed by old female character type

所测得的结果相吻合。这也证实了文献[18]中的观点,当采样内容不同时长时平均谱分析结果具有一定的稳定性,可用于不同演唱者和研究成果之间的对比。

表2 青衣、老旦清唱频率特性曲线的斜率、截距和相关系数

Table 2 Spectrum slop, intercept and correlation coefficient for singing performed by middle-aged and old female character types

行当	青衣			老旦		
曲线参数	斜率	截距	相关系数	斜率	截距	相关系数
曲目 1	-2.16	128.53	0.9939	-3.21	161.63	0.9936
曲目 2	-1.97	122.44		-3.41	170.17	

2.2.3 发声力度对发声频率特性曲线的影响

根据文献[19],发声力度或声压级会对演员的发声频率特性有一定影响。图6显示的是花旦、青衣和老旦在不同发声力度下发声频率特性曲线的变化情况。以花旦用粤语朗读为例,大力度时发声的总声压级为77.8 dB,曲线上较显著的峰值分别出现在768 Hz、3104 Hz和8960 Hz,160~3170 Hz段曲线直线拟合斜率为-2.38;中力度发声时,总声压级为73.0 dB,曲线上较明显的峰值偏移到了768 Hz、3072 Hz和8384 Hz,峰值数值较大力度分别降低5.2 dB、8.2 dB和4.0 dB,160~3170 Hz曲线直线拟合斜率为-2.88;小力度发声时,总声压级降为67.4 dB,曲线上较明显的峰值偏移到了704 Hz、3072 Hz和8224 Hz,峰值较中力度分别降低了6.4 dB、6.2 dB和2.6 dB,160~3170 Hz曲线直线拟合斜率为-3.14。从以上数据可以清楚地看出,随着发声力度的降低,三条曲线形状类似,只是曲线上声压级峰值的频率逐渐向低频移动且峰值高度逐渐降低,曲线直线拟合斜率的绝对值逐渐增加。

2.2.4 行当对发声频率特性曲线的影响

唱腔和念白是展现戏曲音乐特色的最主要组成部分。图7和图8给出了旦角在清唱和念白时的发声频率特性曲线。清唱时,花旦在896 Hz出现主峰声压级为71.5 dB,在10110 Hz达到次高峰37.3 dB,曲线直线拟合斜率为-2.64;青衣清唱时的峰值分别出现在736 Hz (74.6 dB)和10690 Hz (45.5 dB),曲线直线拟合斜率为-2.16;花旦和青衣

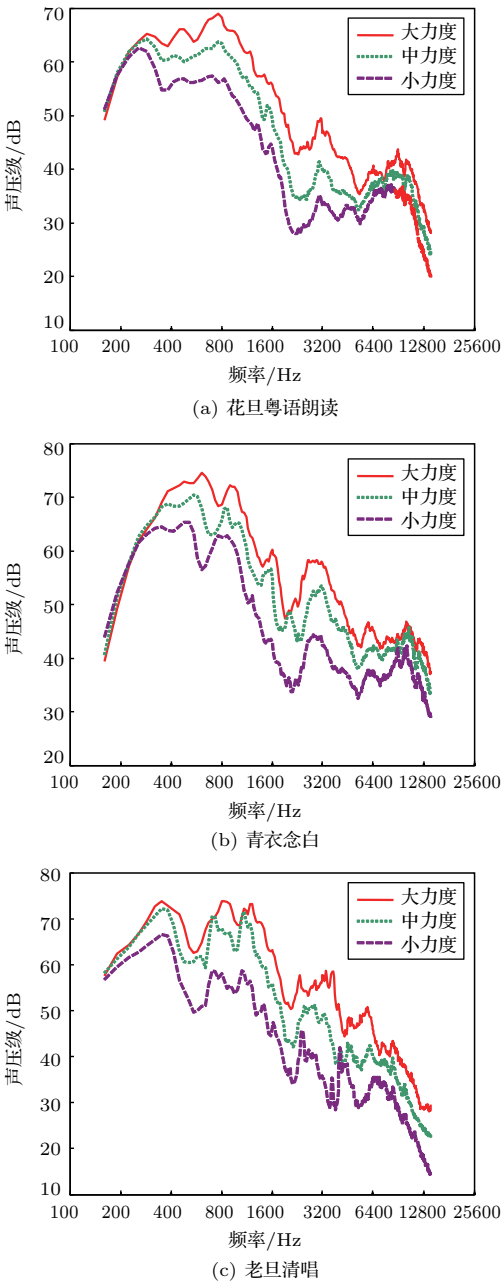


图6 不同力度下发声频率特性曲线
Fig. 6 Spectrum curve for voices with different intensities

清唱曲线的形状基本相似,只是花旦的主峰频率比青衣略高,在达到主峰后曲线下落速度更快,这也是花旦唱声比青衣更清脆、亮丽的原因。老旦清唱曲线较花旦和青衣更复杂些,在频率曲线中出现了352 Hz(73.1 dB)、1248 Hz(75.1 dB)和3712 Hz(55.8 dB)三个较明显的峰值,特别是在160~500 Hz这一频段的声能能量要比花旦和青衣在这一频段的能量高很多,所以老旦的唱声听起来更宽厚稳健。

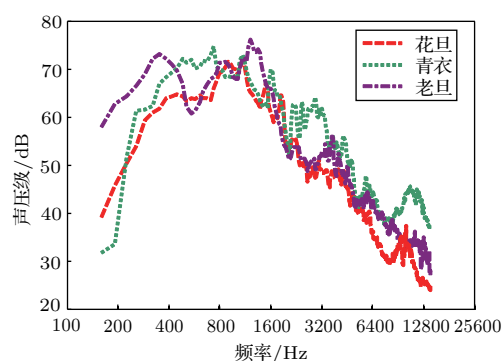


图7 旦角清唱频率特性曲线

Fig. 7 Spectrum curve for singing performed by different female character types

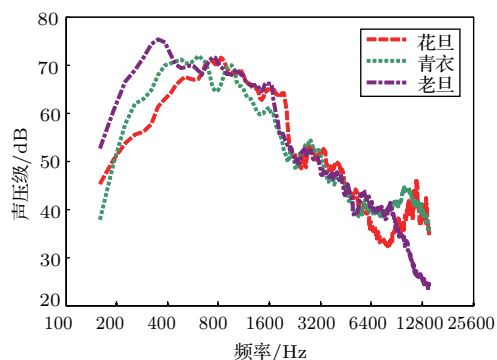


图8 旦角念白频率特性曲线

Fig. 8 Spectrum curve for recitative performed by different female character types

旦角念白的发声频率特性曲线与清唱相比形状简单。花旦的主峰值出现在832 Hz (71.4 dB),青衣出现在608 Hz (71.8 dB),老旦则出现在352 Hz (75.3 dB)。可以看出,念白发声频率特性曲线的主峰值频率逐渐降低,主峰值声压级却逐渐增加。此外,花旦和青衣念白的发声频率特性曲线会在10000 Hz以上出现一个小的峰值,这在老旦的念白发声频率特性曲线中是没有的。

3 结论

在全消声室内对中国粤剧旦角演员的发声特性进行了测试,分析了不同旦角演员在0.3 m处声压级、动态范围和发声频率特性,探讨了发声特性与发声方式、发声内容、发声力度和行当之间的关系,得到如下结论:

(1) 相同发声力度下,旦角演员在0.3 m处声压级由大到小的发声方式依次为清唱、念白和语言;

老旦的动态范围最大,青衣次之,花旦的动态范围最小。

(2) 发声方式和行当对演员的发声频率特性曲线影响较大。

(3) 清唱内容对旦角演员的发声频率特性曲线影响较小。

(4) 发声力度变化时,旦角演员发声频率特性曲线呈现出相似的变化趋势。随着力度的降低,曲线上声压级峰值的频率逐渐向低频移动,峰值的高度也逐渐降低,曲线直线拟合斜率的绝对值逐渐增加。

参 考 文 献

- [1] 廖奔. 中国古代剧场史[M]. 河南: 中州古籍出版社, 1997.
- [2] 卢向东. 中国现代剧场的演进——从大舞台到大剧院[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] 薛林平. 中国传统剧场建筑[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [4] 王季卿. 中国传统戏场建筑考略之一——历史沿革[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2002, 30(1): 27-34.
Wang Jiqing. Introduction of Chinese traditional theatrical buildings Part A: history[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2002, 30(1): 27-34.
- [5] 王季卿. 中国传统戏场建筑考略之二——戏场特点[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2002, 30(2): 177-182.
Wang Jiqing. Introduction of Chinese traditional theatrical buildings Part B: architectural and acoustical features[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2002, 30(2): 177-182.
- [6] 刘海生, 盛胜我, 赵跃英. 一个典型庭院式古戏场的音质测试与分析[J]. 应用声学, 2003, 22(4): 40-44, 5.
Liu Haisheng, Sheng Shengwo, Zhao Yueying. Measurement and analysis of the sound quality of a typical Chinese traditional courtyard theatre[J]. Applied Acoustics, 2003, 22(4): 40-44, 5.
- [7] 石蓓, 赵凤杰, 孟子厚. 传统民宅戏楼声学特性测量[J]. 农业科技, 2005(2): 9-13.
- [8] Kuttruff H. Room acoustics[M]. Fifth Edition. UK: Spon Press, 2009.
- [9] Wu S X. Investigation into acoustics of Chinese national music halls[J]. Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition, 2007, 35(s): 17-20.
- [10] 吴硕贤, 赵越喆. 建筑环境声学的前沿领域[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2012, 40(10): 28-31.
Wu Shuoxian, Zhao Yuezhe. Frontiers of architectural and environmental acoustics[J]. Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition, 2012, 40(10): 28-31.
- [11] Sundberg J, Gu L D, Huang Q, et al. Acoustical study of classical Peking Opera singing[J]. Journal of Voice, 2012,

- 26(2): 137–143.
- [12] Barnes J J, Davis P, Oates J, et al. The relationship between professional operatic soprano voice and high range spectral energy[J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 2004, 116(1): 530–538.
- [13] Cabrera D, Davis P J, Connolly A. Long-term horizontal vocal directivity of opera singers: effects of singing projection and acoustic environment[J]. Journal of Voice, 2011, 25(6): e291–e303.
- [14] Monson B B, Hunter E J, Story B H. Horizontal directivity of low- and high-frequency energy in speech and singing[J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 2012, 132(1): 433–441.
- [15] Monson B B. High-frequency energy in singing and speech[D]. Tucson: The University of Arizona, 2011.
- [16] Oliveira Barrichelo V M, Heuer R J, Dean C M, et al. Comparison of singer's formant, speaker's ring, and LTA spectrum among classical singers and untrained normal speakers[J]. Journal of Voice, 2001, 15(3): 344–350.
- [17] Cleveland T F, Sundberg J, Stone R E. Long-term-average spectrum characteristics of country singers during speaking and singing[J]. Journal of Voice, 2001, 15(1): 54–60.
- [18] Kitzing P. LTAS criteria pertinent to the measurement of voice quality[J]. Journal of Phonetics, 1986, 14: 477–482.
- [19] Nordenberg M, Sundberg J. Effect on LTAS of vocal loudness variation[J]. TMH-QPSR, KTH, 2003, 45(1): 93–100.
-

◇ 特讯 ◇

《应用声学》编委、东北师范大学王双维教授因病医治无效,不幸于2019年3月11日在长春逝世,享年62岁。王双维教授早年从事超声空化及其应用方面的研究,在小尺度混响场空化峰及其机理方面取得了突出的成果。20世纪90年代以来,他主要从事声音与振动信号现代处理技术及其应用的研究工作。在担任《应用声学》编委期间,王双维教授总是不遗余力地审理稿件,给出详实的审稿意见,尤其是为编辑部提出了在稿件取舍上的很多宝

贵意见和建议。在繁忙的教学科研工作之余,他还抽出时间,积极参加《应用声学》的编委会会议和《应用声学》创刊30周年座谈会等。《应用声学》为失去这样一位优秀的编委感到惋惜,王双维教授安息!

《应用声学》编辑部

2019年3月12日