

◇ 研究报告 ◇

中西方典型乐器音高响度与音色明亮度的研究*

朱斯语^{1,2} 姬培锋¹ 杨 军^{1,2†}

(1 中国科学院噪声与振动重点实验室 北京 100190)

(2 中国科学院大学 北京 100049)

摘要 为了客观地评价民族乐器与西洋乐器在听觉感知方面的差异,本文利用 15 种典型的中西方乐器声样本,建立了与音色、响度和音色明亮度有关的 15 种乐器的感知空间模型,通过这些模型可以预测不同乐器在音高、响度一定时,音色明亮度的感知情况。此外,根据已建立的感知空间模型分别对比弹拨乐器、拉弦乐器和不同类型的吹奏乐器中三种听觉感知属性的变化差异。结果表明,对于中西方典型乐器,音色明亮度随响度的增加而增大,但是响度对音色明亮度的影响程度受到音域和响度范围的影响。民族乐器的音色明亮度随音高的增加而增大,但是西洋乐器的音色明亮度并没有随音高的增加而发生明显的变化。

关键词 西洋乐器,民族乐器,音高,响度,音色明亮度

中图分类号: O428

文献标识码: A

文章编号: 1000-310X(2017)06-0481-09

DOI: 10.11684/j.issn.1000-310X.2017.06.002

A study of the pitch, loudness and brightness with Chinese and Western instruments

ZHU Siyu^{1,2} JI Peifeng¹ YANG Jun^{1,2}

(1 Key Laboratory of Noise and Vibration Research, Institute of Acoustics, CAS, Beijing 100190, China)

(2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract In order to make an objective evaluation on auditory perception between Western instruments and Chinese traditional instruments, an auditory perceptual model was proposed based on 15 recorded instruments sounds. With this model, the brightness of different instruments with the same pitch and loudness can be predicted. Based on the auditory perceptual model, the differences on auditory perception among different types of musical instruments were analyzed. The results show that for both Western instruments and Chinese traditional instruments, the brightness increases with the increasing loudness influenced by different pitch domains and loudness domains. Moreover, for Chinese traditional instruments, the brightness increases with the increasing pitch but not for Western instruments.

Key words Western instruments, Chinese traditional instruments, Pitch, Loudness, Brightness

2017-03-10 收稿; 2017-05-01 定稿

*国家自然科学基金项目 (11674348, 11174317), 中国科学院青年创新促进会资助项目 (2015019)

作者简介: 朱斯语 (1990-), 女, 甘肃兰州人, 博士研究生, 研究方向: 信号与信息处理。

† 通讯作者 E-mail: jyang@mail.ioa.ac.cn

1 引言

民族乐器与西洋乐器之间存在差异已为人们所共识。与中国传统乐器相比西洋乐器具有分组协调、音色统一等优点,适合进行合奏,而中国传统乐器则更强调自身个性、具有穿透力强的特点,适合进行独奏或者穿插式的合奏。研究中西方典型乐器在听觉感知方面的差异并建立客观感知模型对于声音感知和乐器感知的研究都具有参考意义。

声音的三大感知属性分别是音高、响度和音色^[1],它们从三个维度上分别控制着人们的听觉感知。音高被定义为可以将声音由低到高排列的一种听觉属性,主要由声音的基频决定。响度则是控制人的听觉分辨声音强弱的听觉属性,主要由声压决定。音色被定义为可以让听者区分拥有相同响度和音高的两个声音的听觉属性,与音高或者响度主要由单一的客观参数控制不同,音色是一种多维的听觉属性^[2-4],一般可用2~4维感知属性表示,其中频谱质心(明亮度)作为与音色相关度最高的客观参数之一,一直是音色感知研究中的重要研究对象。

乐器的感知研究主要通过大量的主观实验,结合多维尺度分析模型^[5-8]分析不同乐器声音的感知情况。在研究过程中由于受到实验数量的限制(信号数量小于20),只能针对某种乐器或者几种乐器固定音高的几个音进行研究,研究结果往往不够全面,且存在较多争议^[9-11]。同时,针对乐器的感知研究多以针对合成音的主观实验^[12]为主,缺少针对真实乐器客观数据的分析。此外,为了控制声音的变化,乐器的感知研究主要以合成音^[13]作为研究对象,但是合成音与真实乐器的听觉感知存在较大的差别,利用合成音进行的感知研究缺乏实用意义。除了利用主观实验的手段研究乐器的听觉感知,还可以利用客观感知模型进行研究。与利用主观实验进行研究相比,客观感知模型可以计算大量声音样本的感知属性,从而进行更加全面的分析。针对响度和音高的客观估计模型已经较为成熟,其中Moore等^[14]提出的响度估计模型以及Harris等^[15]提出的音高估计模型已经得到了较为广泛的应用。在音色感知模型中,频谱质心作为音色空间中重要的感知维度常用于表征音色的明亮度^[16]。利用这些客观估计模型研究真实乐器的听觉感知

并建立客观评价模型对于乐器客观评价体系的建立具有十分重要的意义。针对真实乐器的音高、响度和音色明亮度变化关系的研究,可参考的文献较少,主要针对合成信号采用主观实验的手段进行评价式研究^[11,17-18],对于如何建立可避免繁琐主观实验的客观评价模型,以及如何客观评价不同乐器的感知差异等问题缺乏深入研究。

本文利用音高、响度和音色明亮度的客观模型估计15种典型的中西方典型乐器的声样本,建立了与音高、响度和音色明亮度有关的15种乐器的感知空间模型,并通过此模型分析不同乐器音高、响度与音色明亮度的变化差异。首先,录制民族乐器单音信号,其次,利用客观模型估计声样本的音高、响度和音色明亮度,最后,通过拟合模型得到15种乐器的感知空间模型,根据此模型分析不同乐器间音高、响度和音色明亮度之间的差异,客观评价中西方典型乐器在听觉感知方面的区别。

2 听觉感知模型

2.1 响度感知模型

响度代表人耳感受到的声音强弱,是听觉感知中重要的听觉属性。响度主要与声音的音强有关,此外也与声音的音高、音色和持续时间有一定关系。本文中采用的实验信号是时长在2 s内的复杂谐波信号,可以看作稳态信号,常用的计算稳态信号的响度感知模型有Zwicker^[1]响度模型和Moore^[14]响度模型,其中Zwicker响度模型由于计算复杂度低,适合进行大批量实验信号的计算,因此,本文采用Zwicker响度模型计算实验信号的响度。

Zwicker响度模型的计算流程包括五个步骤:

第一步,模拟外耳中耳传输特性,即根据外耳中耳的传输因子 a_0 计算每个频带的声压级。

第二步,设计听觉滤波器模拟基底膜的听觉特性,即24段临界频带,其中临界频带的单位是bark,一般将20 Hz到16 kHz的频率范围划分为24个临界频带,转换公式如下:

$$z = 13 \arctan(0.00076f) + 3.5 \arctan\left(\frac{f}{7500}\right)^2. \quad (1)$$

第三步,通过24段临界频带滤波器计算声音的激励。

第四步,计算24段临界频带内的特征响度模拟人耳听觉的非线性感知特性,特征响度值的计算公式如下:

$$N' = 0.08 \left(\frac{E_{TQ}}{E_0} \right)^{0.23} \left[\left(0.5 + 0.5 \frac{E}{E_{TQ}} \right)^{0.23} - 1 \right], \quad (2)$$

式(1)中 E_{TQ} 为安静状态下听阈对应的激励, E 为被计算声音对应的激励, E_0 为参考声强对应的激励。

第五步,计算总响度,即24段临界频带内所有特性响度的总和,计算公式如下:

$$N = \int_0^{24} N'(z) dz. \quad (3)$$

$$p(t) = \arg \max_f \frac{\int_0^{ERBs(f_{max})} \frac{1}{\eta(\varepsilon)^{1/2}} K(f, \eta(\varepsilon)) |X(t, f, \eta(\varepsilon))|^{1/2} d\varepsilon}{\left(\int_0^{ERBs(f_{max})} \frac{1}{\eta(\varepsilon)} [K^+(f, \eta(\varepsilon))]^2 d\varepsilon \right)^{1/2} \left(\int_0^{ERBs(f_{max})} |X(t, f, \eta(\varepsilon))| d\varepsilon \right)^{1/2}}, \quad (4)$$

其中,

$$K(f, f') = \begin{cases} \cos(2\pi f'/f), & 3/4 < f'/f < n(f) + 1/4, \\ \frac{1}{2} \cos(2\pi f'/f), & 1/4 < f'/f < 3/4 \text{ 或者 } n(f) + 1/4 < f'/f < n(f) + 3/4, \\ 0, & \text{其他,} \end{cases} \quad (5)$$

$$X(t, f, f') = \int_{-\infty}^{\infty} \omega_{4k/f}(t' - t) x(t') e^{-j2\pi f' t'} dt', \quad (6)$$

式(4)中 ε 是在 $ERBs$ 的频率, $\eta(\cdot)$ 将 $ERBs$ 的频率转换为Hertz, $ERB(\cdot)$ 将Hertz的频率转换为 $ERBs$, $K^+(\cdot)$ 是 $K(\cdot)$ 的正值部分, f_{max} 是最大频率,式(5)中 $n(f) = \lfloor f_{max}/f - 3/4 \rfloor$,式(6)中 $\omega_{4k/f}$ 是一个大小为 $4k/f$ 的窗函数(一般使用汉宁窗)。

2.3 音色明亮度感知模型

音色被定义为可以让听者区分拥有相同响度和音高的两个声音的听觉属性。针对音色的研究表明,音色是一个多维的听觉属性,其中音色的明亮度作为音色重要的感知属性之一,主要与声音的频谱质心(Spectral centroid, SC)^[14]有关。频谱质心(SC)代表频谱的几何中心,可以通过对频谱各频率点的幅度加权得到

2.2 音高感知模型

音高是重要的听觉属性,根据音高可以将声音从低到高排列,音高主要与声音的频率有关,也与声音的声压和频谱有关。对于复杂谐波信号,常用的音高感知模型是2008年Camacho和Harris提出的锯齿波音高估计算法(A sawtooth waveform inspired pitch estimator, SWIPE)^[15]。SWIPE算法的主要思路是通过计算平均峰谷最大距离处的频率(基频一定包含在 f 倍频的峰和 f 倍频的谷之间),并利用一个依赖音高的最优窗大小,得到一个和目标声音频谱的方根相似的锯齿波信号的频谱,这个锯齿波信号频谱的基频就是原始声音的音高。SWIPE音高估计算法可以写成如下公式:

$$SC(t_m) = \sum_{k=1}^K f_k \cdot p_k(t_m), \quad (7)$$

式(7)中 $p_k(t_m) = a_k(t_m) / \sum_{k=1}^K a_k(t_m)$ 为各频谱幅度的概率,频谱质心越高声音越明亮。

3 分析方法

3.1 声样本的选择

为了比较民族乐器和西洋乐器在听觉感知方面的差异,本文选取了包括西洋乐器和民族乐器在内的15种乐器的单音信号作为实验素材。同时根据乐器发声规则的不同,将所有乐器分为4个部分,如表1所示,分别是弹拨乐器、拉弦乐器、有簧片的吹奏乐器和无簧片的吹奏乐器。西洋乐器的声样本取自Iowa大学在消声室录制的6种西洋乐器。为了与西洋乐器进行比较,本文的所有民族乐器声样本

均在消声室录制, 录制的内容包括9种典型的民族乐器, 最终获得每种乐器在各自音域上的单音信号, 其中每个音高包含9种不同的演奏力度。西洋乐器和民族乐器的声样本采样率为44.1 kHz, 比特率为16 bit。由于所有乐器的频率范围相差不大, 且不低于消声室的截止频率, 此外响度范围远高于消声室的本底噪声, 因此各乐器允许的自由声场偏差差异并不明显, 由此可以认为不同乐器声样本录制的声学条件基本相同。表2为15种乐器的音域, 响度域和谱质心域。

表1 乐器素材
Table 1 Instruments

	弹拨乐器	拉弦乐器	吹奏乐器 (簧片)	吹奏乐器 (无簧片)
民族乐器	琵琶	二胡	24 簧笙	笛子
	柳琴	高胡	36 簧笙	箫
	中阮			
西洋乐器	吉他	小提琴 大提琴	单簧管	长笛 长号

表2 15种乐器的感知属性域
Table 2 Perceptual attribute domains of 15 instruments

乐器	音域	响度域 (sone)	SC 域 (Hz)
琵琶	A2-E6	45.1~88.8	501~3294
柳琴	G3-G7	27.3~92.2	494~5964
中阮	G2-G5	51.5~81.2	223~1771
吉他	A2-E4	36.4~81.8	347~845
二胡	A4-D6	51.5~84.7	888~2560
高胡	G4-A6	37.3~89.5	1538~4378
小提琴	A4-D6	49.9~89.6	1270~2732
大提琴	C2-#C4	55.3~83.7	240~637
24 簧笙	A3-#F6	39.3~85.0	744~4645
36 簧笙	G3-#F6	54.0~87.5	566~3639
单簧管	G3-B5	56.0~84.5	431~1859
笛子	G3-C6	55.0~84.1	624~2458
长号	E2-C5	44.6~80.8	526~2109
箫	D4-#D6	56.5~91.5	472~1463
长笛	B3-C6	55.4~83.5	447~1261

3.2 模型的选择

根据15种乐器三个感知属性的变化规律发现音色明亮度的对数可以近似为一个根据响度的对数以及频率的对数变化的曲面, 此曲面的公式如下:

$$\lg SC^2 = (a_1 \cdot \lg \text{loudness}^2 + a_2 \cdot \lg \text{loudness} + a_3) \times (a_4 \cdot \text{note}^2 + a_5 \cdot \text{note} + a_6), \quad (8)$$

其中,

$$\text{note} = 12 \log_2(f/f_0), \quad (9)$$

式(9)是将音高转换到对数域中, 其中 f 代表声音的基频, f_0 代表以乐器最小音高为基准的平均律频率, 例如, 36 簧笙的最小音高是 G3(196 Hz), 那么, 针对 36 簧笙的 G3 代表 0, #G3 代表 1, 以此类推。本文选择式(8)作为感知空间的拟合模型, 采用非线性最小二乘法求解模型参数 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$, 并利用确定系数 (R^2) 和均方根误差 (RMSE) 对模型的拟合优度进行评价。

3.3 音高与音色明亮度的等响线

为了利用客观感知模型同时分析不同乐器的音高、响度和音色明亮度的差异, 本文将三个感知属性以等响线的方式用二维坐标进行表示。得到在响度为 60~80 sone 区间上各个乐器在各自音域上的音色明亮度值, 其中等响线包括 60 sone, 65 sone, 70 sone, 75 sone 和 80 sone。

4 结果分析

4.1 中西方典型乐器感知空间模型

为了更客观的评价不同乐器的3个感知属性间的关系, 本文通过15种乐器2000多个声音样本, 利用式(8)拟合出不同乐器听觉属性的变化趋势, 希望更加客观的展现真实乐器的感知情况。表3给出了15种乐器感知空间模型的拟合参数以及拟合误差, 确定系数 (R^2) 越接近1, 拟合优度越高, 越接近0, 拟合优度越低, 均方根误差 (RMSE) 越接近0, 表示拟合程度越好, 越接近1, 表示拟合程度越差。表3中可见, 大部分乐器的音高, 响度和音色明亮度的拟合优度较好, 其中二胡和高胡的拟合程度最好, 说明虽然真实乐器的听觉感知在不同乐器间存在一定差异, 但是三种重要的听觉属性之间存在规律的变化, 可以使用相同的方法进行拟合。

通过各个乐器的感知模型我们可以预测不同乐器在音高响度一定时, 音色明亮度的感知情况, 从而更加客观的评价乐器声音的感知特性。在4.2节和4.3节中我们将利用此感知模型进一步分析中西方典型乐器的客观感知差异。

表3 15种乐器的拟合参数及拟合误差

Table 3 The fitting parameters and errors of 15 musical instruments

乐器	拟合参数						拟合误差	
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	R^2	RMSE
琵琶	-0.0535	1.09	-39.9	5.32	-7.11	44.5	0.729	0.0907
柳琴	0.848	-6.40	1489	27.5	-22.3	-1467	0.744	0.0882
中阮	0.834	-6.28	11.2	6.87	-11.2	10.8	0.744	0.0882
吉他	0.639	-4.68	-90.1	3.69	-6.90	107	0.741	0.0887
二胡	0.0441	2.57	-27.9	-25.3	-41.7	28.2	0.999	0.0012
高胡	0.0566	2.31	-2567	-30.9	-28.3	2566	0.999	0.0009
小提琴	0.225	-1.48	-1415	-211	115	1409	0.493	0.126
大提琴	0.854	-6.03	-0.507	-1.91	5.19	13.2	0.517	0.158
24簧笙	-0.349	4.02	11.9	9.65	-1.37	-16.8	0.826	0.189
36簧笙	0.0372	0.508	-12.1	-10.6	20.3	8.66	0.936	0.128
单簧管	0.492	-1.65	1.16	-5.88	8.82	0.721	0.920	0.109
长号	3.90	-30.0	-209	-2.12	4.82	271	0.943	0.102
笛子	-7.21	62.9	20797	30.4	-27.1	-20922	0.748	0.148
箫	-0.265	2.98	-104	-35.9	37.8	93.7	0.889	0.107
长笛	-3.85	34.3	-779	-62.4	55.1	697	0.911	0.0795

4.2 音色明亮度与响度的关系

图1为3种吹奏乐器(有簧片)的音色明亮度随音高变化的等响曲线。对比3种乐器的频谱质心发

现,在音域基本一致的情况下,两种笙的音色明亮度明显高于单簧管。此外,对比不同等响线的变化情况发现,24簧笙的5条等响线变化形状基本一致,但

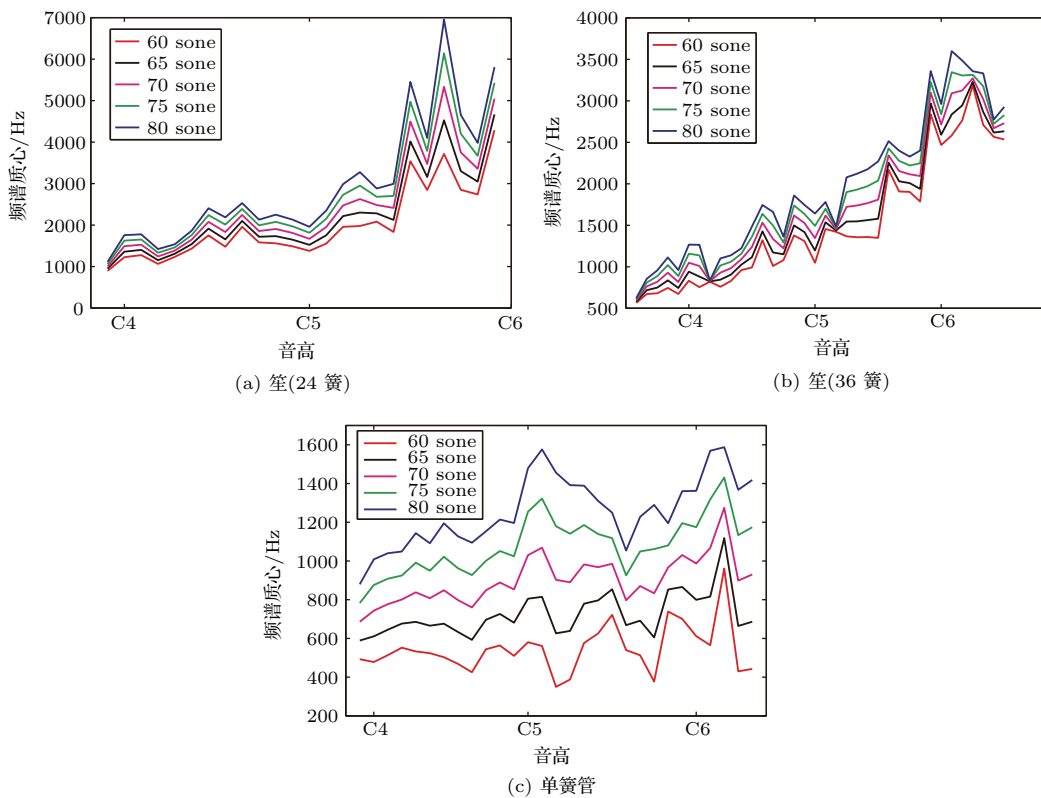


图1 吹奏乐器(有簧片)音高与频谱质心的等响曲线

Fig. 1 The equal-loudness contour of wind instruments (with reed) as a function of brightness and pitch

是36簧笙和单簧管在不同响度处有一定差别,36簧笙整个音域的60 sone等响线与65~80 sone的等响线存在差异,单簧管在中音域75~80 sone的等响线与60~70 sone的等响线也存在差异。

图2为4种弹拨乐器的音色明亮度随音高变化的等响曲线。对比4种乐器的频谱质心发现,在音

域重合的部分,琵琶和柳琴的音色明亮度明显高于吉他,在中低音域处中阮与吉他的音色明亮度基本相同。同时,对比不同等响线的变化情况发现,琵琶和柳琴的5条音色明亮度等响线变化形状基本一致,中阮60 sone的等响线存在细微差别,吉他的5条等响线虽然整体趋势相同但是呈现不规则变化。

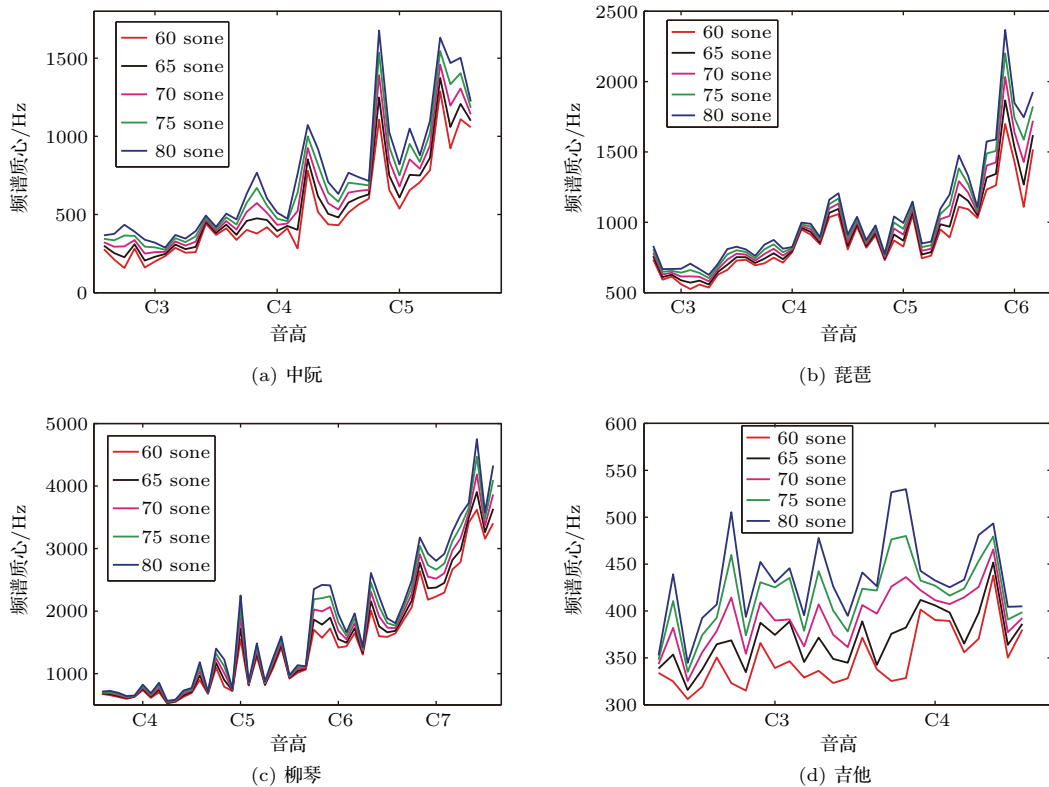


图2 弹拨乐器音高与频谱质心的等响曲线

Fig. 2 The equal-loudness contour of plucked instruments as a function of brightness and pitch

图3为4种吹奏乐器(无簧片)的音色明亮度随音高变化的等响曲线。对比4种吹奏乐器(无簧片)的频谱质心发现,笛子和箫的音色明亮度在高频域处明显高于长笛和长号。同时,对比不同等响线的变化情况发现,长笛和箫的5条音色明亮度等响线变化形状基本一致,长号在中音区60~65 sone的等响线波动明显小于70~80 sone的等响线,笛子60~65 sone的等响线与70~80 sone存在差别。

图4为4种拉弦乐器的音色明亮度随音高变化的等响曲线。对比4种拉弦乐器的频谱质心发现,高胡的音色明亮度在整个音域最大,大提琴最小,小提琴和二胡居中。同时,对比不同等响线的变化情况发现,4种乐器的5条音色明亮度等响线变化形状基本一致,但是4种乐器60~65 sone的等响线与

70~80 sone存在细微差别。

以上现象说明,第一,在同类型乐器中当音域和响度相同时,民族乐器的明亮度普遍高于西洋乐器。第二,对于所有乐器,音高一定时,音色明亮度随响度的增加而增大。第三,响度对音色明亮度的影响程度受到音域和响度范围的影响,具体影响根据乐器不同而存在差异。

4.3 音色明亮度与音高的关系

根据图1进一步分析吹奏乐器(有簧片)音色明亮度与音高的关系,其中单簧管的音色明亮度在低音域到中音域过程中逐渐增大,以A4为断点,在中音域到高音域过程中基本不变。与单簧管相比,民族乐器笙(24键和36键)的音色明亮度在整个音域呈指数型增长。

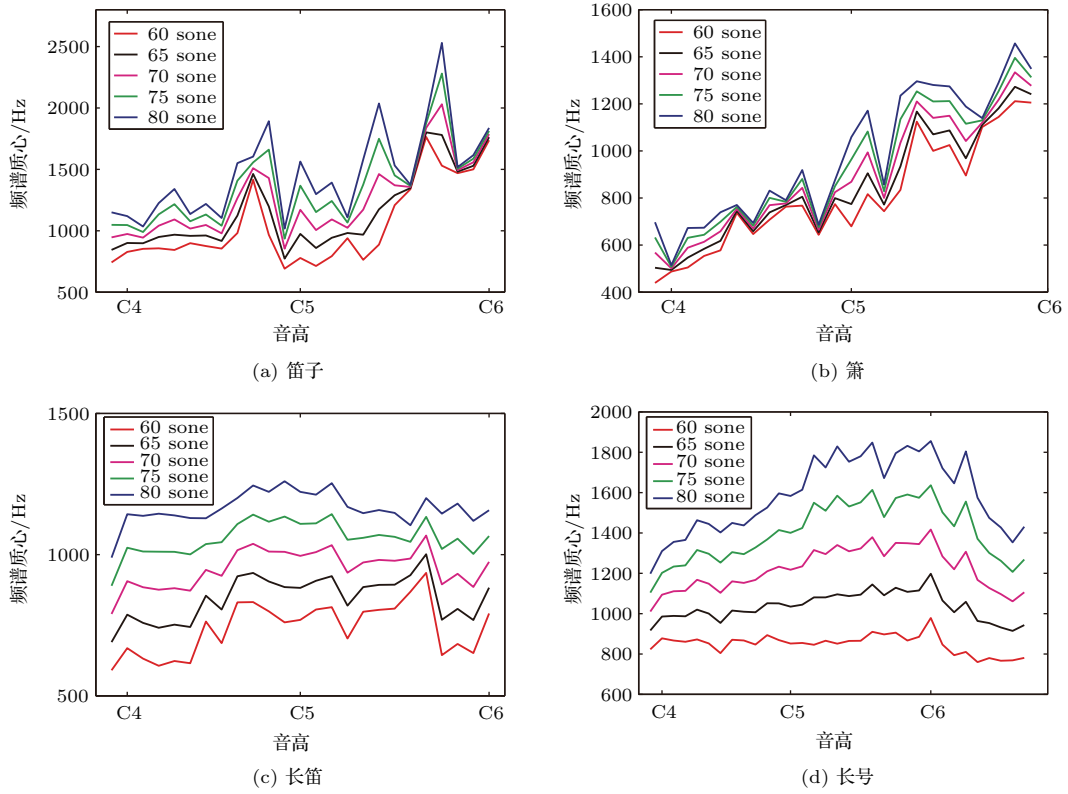


图3 吹奏乐器(无簧片)音高与频谱质心的等响曲线

Fig. 3 The equal-loudness contour of wind instruments (no reed) as a function of brightness and pitch

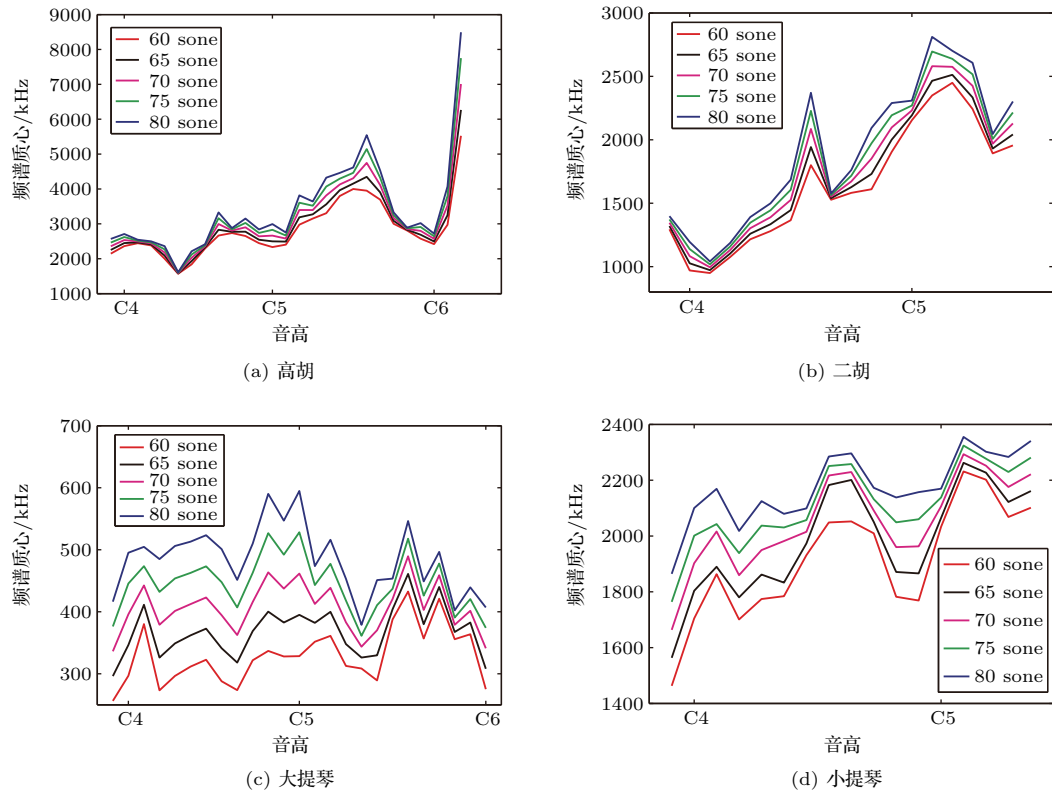


图4 拉弦乐器音高与频谱质心的等响曲线

Fig. 4 The equal-loudness contour of bowed instruments as a function of brightness and pitch

根据图2进一步分析弹拨乐器音色明亮度与音高的关系。其中吉他的音色明亮度在整个音域中在370 Hz(70 sone)左右波动,没有明显的变化趋势。与吉他相比,柳琴、中阮和琵琶的音色明亮度在整个音域呈指数型增长,其中柳琴的增长率最高。

根据图3进一步分析吹奏乐器(无簧片)音色明亮度与音高的关系。其中长笛的音色明亮度在低音域到中音域过程中逐渐增大,以D5为断点,在中音域到高音域过程中在950 Hz附近波动,没有明显的变化趋势。长号的音色明亮度在低音域到中音域过程中逐渐增大,以C4为断点,在中音域到高音域过程中逐渐减小。与长笛和长号相比,箫的音色明亮度在整个音域呈线性增长,笛子的音色明亮度在中低音域平稳变化的过程中出现一个凸点(A4),在中高音域呈线性增长。

根据图4进一步分析拉弦乐器音色明亮度与音高的关系。其中大提琴的音色明亮度在整个音域过程中在400 Hz (70 sone)左右波动,没有明显的变化趋势。小提琴的音色明亮度在整个音域呈线性增长,并在#C4, G4和#C5处出现三个凸点。与大提琴和小提琴相比,二胡和高胡的音色明亮度随音高增加而增大,但在高音区(C6附近)都出现了明显的凹点。

以上现象说明,民族乐器的音色明亮度随音高增大而明显增大,而西洋乐器的音色明亮度在整个音域内没有出现剧烈变化,仅在固定频率处波动或者出现缓慢的递增或者递减。

5 结论

本文以15种真实乐器的声样本为基础,利用感知模型估计声样本的音高、响度和音色明亮度,并根据三种听觉属性的变化关系建立基于15种乐器的感知空间模型。通过此客观模型我们可以预测不同乐器在音高、响度一定时音色明亮度的感知情况,从而避免了繁琐的主观实验,实现了利用客观模型对真实乐器的感知评价。同时,本文利用此客观感知模型分类比较民族乐器与西洋乐器感知属性的变化特征。研究发现,在同类型乐器中当音域和响度相同时,民族乐器的明亮度普遍高于西洋乐器。对于所有乐器音色明亮度随响度的增加而增大,但是响度对音色明亮度的影响程度受到音域和响度范围的影响。民族乐器的音色明亮度随音高的增加

而增大,但是西洋乐器的音色明亮度并没有随音高的增加而发生明显的变化。

参 考 文 献

- [1] ZWICKER E, FASTL H. Psychoacoustics: Facts and models[M]. US: Springer, 2013.
- [2] GREY J M. Multidimensional perceptual scaling of musical timbres[J]. J. Acoust. Soc. Am., 1977, 61(5): 1270-1277.
- [3] LAKATOS S. A common perceptual space for harmonic and percussive timbres[J]. Perception & Psychophysics, 2000, 62(7): 1426-1439.
- [4] MCADAMS S, WINSBERG S, DONNADIEU S, et al. Perceptual scaling of synthesized musical timbres: Common dimensions, specificities, and latent subject classes[J]. Psychological Research, 1995, 58(3): 177-192.
- [5] FABIANI M, FRIBERG A. Influence of pitch, loudness, and timbre on the perception of instrument dynamics[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2011, 130(4): 193-199.
- [6] PITT M A. Perception of pitch and timbre by musically trained and untrained listeners[J]. Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance, 1994, 20(5): 976-986.
- [7] CARUSO V C, BALABAN E. Pitch and timbre interfere when both are parametrically varied[J]. Plos One, 2013, 9(1): e87065.
- [8] ALLEN E J, OXENHAM A J. Symmetric interactions and interference between pitch and timbre[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2014, 135(135): 1371-1379.
- [9] MARFOZEAU J, CHEVEIGNE A D, MCADAMS S, et al. The dependency of timbre on fundamental frequency[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2004, 114(5): 2946-2957.
- [10] MAROZEAU J, CHEVEIGNE A D. The effect of fundamental frequency on the brightness dimension of timbre[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2007, 121(1): 383-387.
- [11] MELARA R D, MARKS L E. Interaction among auditory dimensions: Timbre, pitch, and loudness[J]. Attention, Perception, & Psychophysics, 1990, 48(2): 169-178.
- [12] 孟子厚, 赵凤杰. 民乐片段混响感主观偏爱度的初步实验[J]. 应用声学, 2007, 26(1): 41-45.
MENG Zihou, ZHAO Fengjie. Preliminary test on the preferred reverberation time for the Chinese instrumental music motifs[J]. J. Appl. Acoust., 2007, 26(1): 41-45.
- [13] 旷玮, 姬培锋, 杨军. 笙的簧片物理参数与音色相关性的初步研究[J]. 应用声学, 2016, 35(6): 494-504.
KUANG Wei, JI Peifeng, YANG Jun. A study of the relationship between the physical parameters of Sheng reed and the timbre[J]. J. Appl. Acoust., 2016, 35(6): 494-504.
- [14] MOORE B C J, GLASBER B R, BAER T. A model for the prediction of thresholds, loudness and partial loudness[J]. J. Audio Eng. Soc., 1997, 45(4): 224-240.
- [15] CAMACHO A, HARRIS J G. A sawtooth waveform inspired pitch estimator for speech and music[J]. J. Acoust.

- Soc. Am., 2008, 124(3): 1638–1652.
- [16] PEETERS G, GIORDANO B L, SUSINI P, et al. The timbre toolbox: Extracting audio descriptors from musical signals[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2011, 130(5): 2902–2916.
- [17] MELARA R D, MARKS L E. Perceptual primacy of dimensions: Support for a model of dimensional interaction[J]. Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance, 1990, 16(2): 398–414.
- [18] MELARA R D, MARKS L E. Hard and soft interacting dimensions: Differential effects of dual context on classification[J]. Attention, Perception & Psychophysics, 1990, 47(4): 307–325.

◇ 声学新闻和动态 ◇

中国声学学会2017年全国声学学术会议在哈尔滨召开

秋色浓郁、枫叶正红时节,由中国声学学会主办,哈尔滨工程大学、水声技术国防科技重点实验室承办,黑龙江省声学学会协办的2017年全国声学学术会议于2017年9月22-26日在哈尔滨隆重召开。中国工程院院士杨士莪、杨德森,中国声学学会理事长王小民、副理事长张春华、邱小军、谢菠荪、李琪,哈尔滨工程大学校长姚郁,黑龙江省科协党组成员、副主席刘福,哈尔滨工程大学水声工程学院院长殷敬伟等出席了开幕式。来自全国各大学、科研院所、公司企业等相关单位的代表共计781人共聚一堂,以“智能声态,引领创新”为主题,开展了内容丰富的学术研讨与交流。

大会开幕式由中国声学学会副理事长张春华主持。中国声学学会理事长王小民、中国工程院院士杨德森、黑龙江省科协副主席刘福致开幕词。哈尔滨工程大学校长姚郁致欢迎词。哈尔滨工程大学杨士莪院士也到会致辞祝贺。

大会特邀了4位知名声学专家进行了大会主题报告,分别是哈尔滨工程大学李琪教授所作报告《充液弹性管中的声传播问题》,中国科学院声学研究所颜永红研究员所作报告《智能时代,前进中的语言声学》,南京大学刘晓峻教授所作报告《超构表面对声波的调控及其应用》,重庆医科大学王志刚教授所作报告《超声分子成像多学科融合研究》。学会所属的8个分会还分别邀请了总计71位声学及其相关领域的学科、学术带头人参会,并以专题报告形式展示其研究成果。为促进青年学者的快速成长,此次会议征文专门针对38岁

以下的论文作者进行了青年论坛优秀报告的选拔。对入选的40篇青年论坛报告,通过作者答辩,数位专家点评的形式进行交流,从而起到培养青年人才的积极作用。

大会共设9个分会场进行了不同专业的分组学术交流,交流内容包括18个声学研究分支,参会代表就本次大会录用的425篇论文进行了交流与探讨,大家通过答辩式、墙报式的交流方式充分展现了我国声学领域当前研究进展,代表获益良多。

此次会议也邀请了声学领域18家企业到会展示,与会代表与参展企业的互动交流推动了学术、应用开发的共同发展。由学会征集的18部科普作品在大会期间进行了展示,并通过投票方式进行“第一届声学科普创新奖”和“优秀参展单位奖”的评选。

9月25日下午举行了闭幕式。本次会议主题旨在促进国家科技管理部门、科研院所、高等院校、企业以及其它社会组织进行全方位声学领域最新研究成果的高层次交流,探讨最新研究热点;为青年学者搭建展示科研成果的交流平台,激励创新人才脱颖而出;推动“产、学、研、用”全领域的交流融合互动,拓展声学领域的发展空间;提高学术交流水平,打造国内声学领域顶级的学术示范品牌。

整个会议充满活力与朝气,取得圆满成功。

(中国声学学会办公室 耿祎晗)