

# The Sound Radiation Directivity Measurement of Suona

Ni hong<sup>1,a</sup>, Zhao Yuezhe<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou, 510640, China

<sup>a</sup> 962383017@qq.com

<sup>b</sup> 1360401443@qq.com

## ABSTRACT

The traditional high-pitched Suona is a musical instrument widely used by all ethnic groups in China and various folk ceremonial accompaniments. It is also a wind instrument with a pivotal position in modern Chinese national orchestras. It is of great significance to research the influence on the sound quality of the hall. This paper introduces the test work of the directivity of traditional high-pitched Suona in an anechoic chamber. The test content includes scales and music. The test is carried out under three playing strengths of pp, f, and ff and three playing speeds of Ad, M, and Al. Data processing is carried out using the concept of normalized sound pressure level, and the representative directivity of Suona is obtained. By comparing the scales and music, different playing strengths and speeds, and discussing the effects of the performance content and the playing strength and speed on the Suona directivity test results, the general rules of the Suona directivity are summarized. The test results show that the performance content, playing strength and speed have no obvious influence on the sound radiation directivity of Suona. The frequency band directivity graph represents the directivity characteristics of the Suona during the actual performance.

**Keywords:** Suona, Chinese musical instrument, Acoustic measurement, Directivity

## 传统高音唢呐的声辐射指向性测试

倪红<sup>1,a</sup>, 赵越喆<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup> 华南理工大学 建筑学院, 广州 510640

<sup>a</sup> 962383017@qq.com

<sup>b</sup> 1360401443@qq.com

## 摘要

传统高音唢呐是中国各民族广泛使用的乐器,广泛应用于民间的各种仪式伴奏,也是现代中国民族乐团具有举足轻重地位的吹奏乐器,其指向性特征的测试研究对了解乐器声音辐射的方向特征以及对厅堂音质的影响研究具有重要意义。本文介绍了在全消声室内对传统高音唢呐指向性的测试工作。测试内容包括音阶和乐曲,测试分别在 pp、f、ff 三种演奏力度和 Ad、M、Al 三种演奏速度下进行,运用规范化声压级概念进行数据处理,获得了唢呐的代表性指向性数据。通过对比音阶与乐曲、不同演奏力度与速度,探讨演奏内容以及演奏力度和速度对唢呐指向性测试结果的影响,总结出了唢呐指向性的一般规律。测试结果表明演奏内容与演奏力度、速度对唢呐的声辐射指向性无明显影响,唢呐各倍频带的指向性特征可由乐器在 f 力度 M 速度演奏音阶时的指向性来代表,测试得到的各倍频带指向性图形代表了唢呐在实际演奏过程中的指向性特征。

**关键词:** 唢呐、中国民族乐器、声学测量、指向性

## 1. 引言

唢呐是我国知名的传统民族乐器,具有悠久的历

史,是具有代表性的吹管乐器,其音色独特,嘹亮高昂,表现力极强,是民族乐团中不可或缺的乐器。因此,对唢呐的发声特性进行研究对于优化民族音乐厅堂的音质有着重要意义。

国外对西洋乐器的发声特性已经有过系统的研究,其中包括乐器的指向性测试。Meyer 等人早在1964年开始就对一系列西洋乐器的指向性进行了测量,并且初步分析了乐器指向性形成的原因<sup>[1]</sup>。国内对于民族乐器的声学特性的研究则起步较晚,早期由中科院声学所陈通等人对一系列民族乐器进行了相关的声学测量,其中就包括唢呐,但其研究的重点在于分析唢呐的声频谱及音管计算<sup>[2]</sup>,且未公布具体的测试环境与测试方法。华南理工大学亚热带建筑科学国家重点实验室分别在混响室和半消声室内对22种中国民族乐器进行了系统的声学测量,并且获得了每种乐器在演奏不同内容时的1/3倍频带的声功率级谱及动态范围<sup>[3-13]</sup>。本文介绍了在全消声室对唢呐的指向性测试工作。

本研究的目的是测试中国民族吹奏乐器的声辐射指向性,并探讨演奏因素对民族吹奏乐器指向性的影响。国外学者 Lokki 曾对西洋乐器的声辐射指向性做了系统研究,研究结果表明,不同的演奏音域、速度、力度和演奏技法均对乐器的声辐射指向性有一定的影响<sup>[14]</sup>。因此,本研究由两名演奏者分别演奏各自的唢呐,在不同的力度和速度下演奏音阶与乐曲时的声功率级,通过 Lokki 提出的规范化声压级<sup>[14]</sup>将测试所得声压级数值转换为指向性图形,并将结果进行对比,以探讨民族吹奏乐器的指向特性。

## 2. 测试内容及方法

本次测试在全消声室内搭建一半径为1.8m的球形支架。在过球心的水平面和垂直面每隔30°布置一个传声器(除声源底部方向),共21个传声器,测点布置如图1所示。传声器通过支架固定于球形支架上,传声器膜片均位于半径为1.5m的球面上。在测试过程中要求演奏者尽量保持站立姿势不动,且保证唢呐的喇叭始终位于球心位置,传声器均指向球心,演奏者正对传声器测点1的位置,测试时演奏者位置如图2所示。

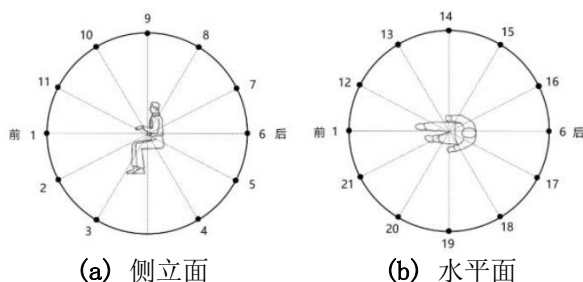


图1 测点布置示意图



图2 唢呐及其演奏者在全消声室中进行指向性测试

考虑到同样的演奏内容在由不同乐器和不同演奏者演奏时会存在差异,本次测试由两位广东省民乐团唢呐演奏者使用两把年份不同的传统高音唢呐分别进行演奏。由于全消声室与正常舞台演奏环境不同,乐师在进行正式测试前先在全消声室中练习测试内容,直至适应测试环境,方开始正式测试。

表1 传统高音唢呐的音域及测试音阶

	g	a	b	c <sup>1</sup>	d <sup>1</sup>	e <sup>1</sup>	f <sup>1</sup>	g <sup>1</sup>	a <sup>1</sup>	b <sup>1</sup>	c <sup>2</sup>	d <sup>2</sup>	e <sup>2</sup>	f <sup>2</sup>	g <sup>2</sup>	a <sup>2</sup>	b <sup>2</sup>	c <sup>3</sup>	d <sup>3</sup>	e <sup>3</sup>
音域																				
测试音阶																				

测试内容分为两部分:演奏两个八度音阶(如表1所示)和乐曲《百鸟朝凤》选段,以探讨最能代表唢呐指向性的声音素材并以此分析唢呐各频带指向性。无论是音阶还是乐曲,均要求用三种力度 pp(很弱), f(强), ff(很强), 三种速度 Ad(慢板), M(中板), Al(快板)分别演奏,以探讨不同力度与速度对唢呐指向性的影响。两位演奏者须在测试前协调演奏力度与速度,以确保力度、速度均一致。

## 3. 数据分析方法

因本次测试所得的指向性结果需录入Odeon软件获得S08文件用以模拟厅堂音质,故本研究主要研究乐器在水平面与侧面两个平面上的指向性。指向性图形坐标轴上各点编号对应测点编号,径向坐标代表规范化声压级,越靠近圆心,表示该方向规范化声压级越小,对应的声辐射越弱,反之亦然。

## 4. 测试结果及分析讨论

### 4.1 唢呐指向性测试结果分析

图3是乐师以f力度中板速度吹奏唢呐常用音域内两行音阶时,125-4000Hz六个倍频带在侧面、水平面指向性图形,图4是唢呐各倍频带三维指向性图形。从图3可以看出,唢呐各倍频带的侧面和水平面指向性均呈现较明显的差异性,对于125Hz、250Hz、500Hz这三个倍频带,各测点的声辐射强度整体上较均匀,指向性偏向正前方;对于1000Hz倍频带,指向性乐器正前方指向性明显加强,在正前方和上方的各测点规范化声压级大于-3dB,声辐射较强;后方则

较弱,且随着频率升高,该方向各测点规范化声压级逐渐减小至-12dB以下;对于2000Hz与4000Hz倍频带,这种指向性尤为明显,表明唢呐在正前上方有最强的声辐射,而后下方由于乐师身体遮挡等因素指向性较弱,且随着频率升高,整体指向性越强。

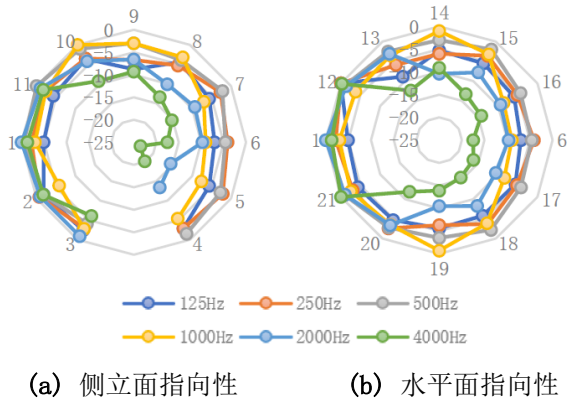


图3 唢呐各倍频带指向性

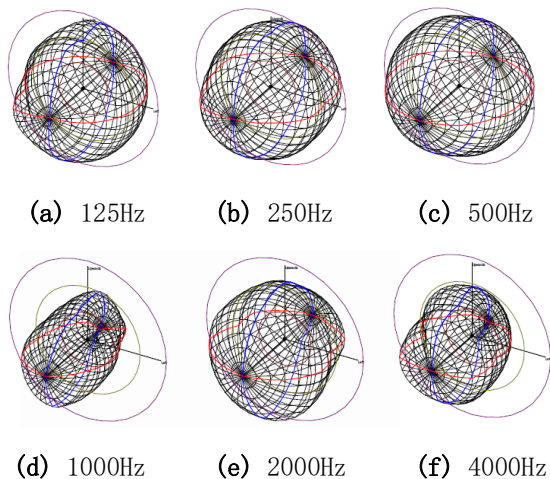


图4 唢呐各倍频带 3D 指向性

#### 4.2 不同力度演奏唢呐音阶时的指向性比较

图5是乐师以Moderato(中板)速度分三种力度

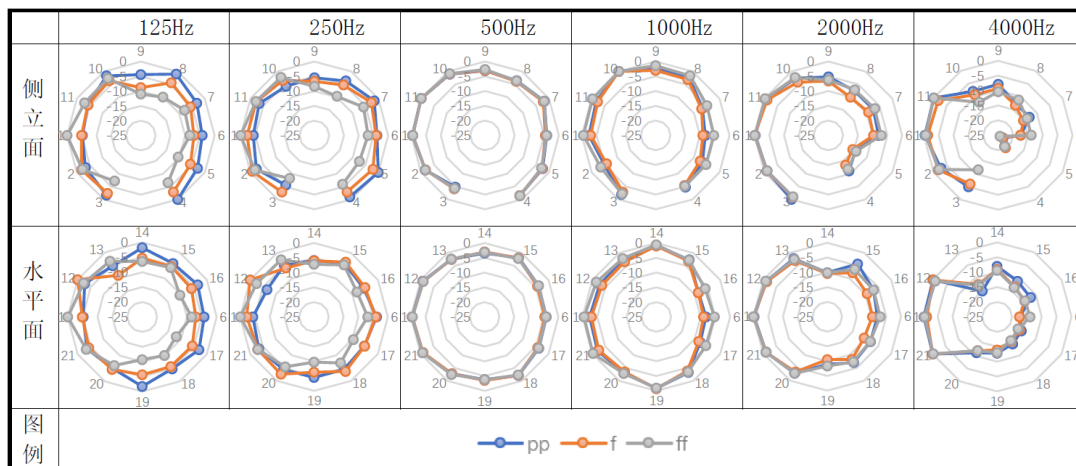


图5 以不同力度演奏音阶时的各倍频带指向性对比

pp、f、ff演奏传统高音唢呐时,125-4000Hz各频带侧立面和水平面的指向性图形。从图中可以看出,在125Hz和250Hz两个倍频带,三种力度在侧立面与水平面各方向的规范化声压级数值有较为明显的差异,其对应的指向性图形形状也并不相似;在500Hz倍频带,无论是水平面还是侧立面,三种力度在各方向测点的规范化声压级数值几乎相同,指向性图形也近乎重合;在1000Hz、2000Hz、4000Hz三个倍频带,三种力度在侧立面与水平面各方向的规范化声压级数值虽存在微小差异,但形成的指向性图形形状几乎相同。因此可以得出结论,不同的演奏力度在125Hz、250Hz对唢呐的指向性有明显影响,但在500-4000Hz各倍频带则无明显影响,图形上显现出的微小差异可以忽略不计。演奏的力度大小会直接影响到乐器发声的声压级,声压级高的方向其指向性强,但这种力度的变化对指向性的影响仅体现在低频,随着声音频率升高,这种影响则会减弱,甚至忽略不计。

#### 4.3 不同速度演奏唢呐音阶时的指向性比较

图6是乐师以f(强)力度分三种速度Ad、M、Al演奏传统高音唢呐时,125-4000Hz各倍频带侧立面与水平面的指向性图形。同样地,从图中可以看出,在125Hz、250Hz两个倍频带,三种速度在侧立面与水平面各方向的规范化声压级数值虽存在微小差异,但形成的指向性图形形状几乎相同;在500-4000Hz各倍频带,无论是水平面还是侧立面,三种速度在各方向测点的规范化声压级数值几乎相同,指向性图形也近乎重合。因此,不同演奏速度对指向性的影响可忽略不计。

#### 5.结论

本文首次在全消声室中对传统高音唢呐的声功率进行了测试,并且对比了演奏内容、演奏速度与力度对唢呐各倍频带指向性的影响。在125Hz、250Hz,不同演奏力度对指向性有明显影响,而500-4000Hz则无明显影响。不同速度演奏音阶时,唢呐的各倍频带的指向性无明显区别,演奏速度对唢呐指向性影响不

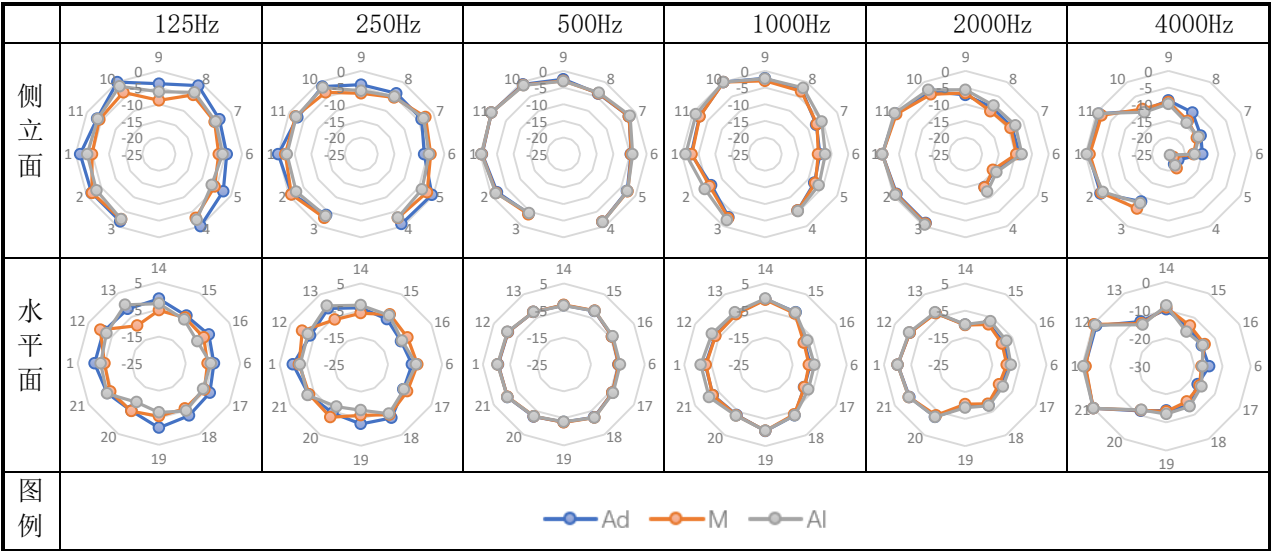


图6 唢呐以不同速度演奏音阶时的各倍频带指向性对比

明显。测试结果表明，唢呐在实际演奏中的指向性特征可由唢呐在 f 力度中板速度下演奏音阶时的指向性为代表。

综上所述，传统高音唢呐在 f 力度中板速度下演奏音阶时所形成的指向性可作为唢呐的代表性指向性。该指向性对民乐乐团中唢呐的位置布置具有参考意义，且在后续的研究中，可以利用唢呐的指向性数据生成指向性声源，在厅堂音质模拟中探讨唢呐指向性声源对评价厅堂音质的各声学参数的影响。

REFERENCES

[1] Jurgen, M. (1978)Acoustics and the performance of music.Verlagdas Musikinstrument, Frankfurt/Main.

[2] Chen,T, Cai,X.L. (1996) Calculation of suona spectrum and pipes.J. Journal of acoustics, 06:893-897.

[3] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2010) Study on pronunciation intensity of Gao Hu.J. Science in China: Science of Technology,40(09):1024-1028.

[4] Zhao,Y.Z., Li,N., Wu,S.X., Huang,H., Wu,L.L. (2010) Sound power level measurement of Yehu in Semi-anechoic chamber.J.Applied acoustics., 29(05):364-370.

[5] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Li,N., Huang,H., Wu,L.L. (2010) Sound power level and directional index measurement of Zhonghu in semi-anechoic chamber. In: International Conference on Built Environment Science and Technology.pp.641-646.

[6] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2010) Sound Power level test of Chinese stringed instrument Liuqin.J. Journal of Tianjin University., 43(01):71-76.

[7] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2009) Sound Power Level Measurement of traditional Chinese stringed instrument Da SAN Xian.J. Acoustic technology., 28(05):629-633.

[8] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Huang,H., Wu,L.L. (2009) Sound Power Level Measurement of Chinese traditional national instrument Pipa.J. Journal of Tongji University (Natural Science), 37(09):1270-1275.

[9] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2009) Sound Power Level Measurement of Zheng.J. Applied acoustics., 28(05):330-335.

[10] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2009) Sound Power Level Measurement of Qin Qin under different playing dynamics.J. Noise and vibration control., 29(03):113-116.

[11] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2009)Sound Power Level spectrum of sheng.J. Electroacoustic technology, 33(05):40-44.DOI:10.16311/j.audioe.2009.05.003.

[12] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2007) Sound Power Level Measurement of Yangqin. J. Journal of South China University of Technology (Natural Science), 10:54-60.

[13] Zhao,Y.Z., Wu,S.X., Qiu,J.Z., Huang,H., Wu,L.L. (2007) Sound Power Level Measurement of Ruan. .J. Journal of South China University of Technology (Natural Science), S1:157-161.

[14] Patynen, J.,Lokki, T.(2012) Directivities of Symphony Orchestra Instruments.J.ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA RI Lokki, Tapio/E-7402