



# 探究陶笛发音频率与开放音孔组合总面积的关系

张舜尧

(焦作市第一中学 河南 焦作 454003)

(收稿日期:2017-07-25)

**摘要:**利用智能手机中的音频分析软件Gstings测定陶笛频率,利用游标卡尺测定陶笛各音孔的面积,在电子表格中绘制散点图,拟合方程,发现陶笛发音频率随着开放音孔总面积的增大而增大,陶笛发音频率与陶笛开放音孔总面积的平方根成正比。

**关键词:**陶笛 频率 音孔 开放面积

## 1 引言

陶笛是一种古老而又新潮的吹奏乐器,这种乐器音色优美,小陶笛声音清脆嘹亮,悦耳动听,大陶笛声音悠扬舒缓,醇厚古朴.陶笛简单易学,没有音乐基础的人也能在短时间内吹出美妙的乐曲.陶笛外形美观,大小适中,便于携带,是外出旅行的好伴侣,也是点缀生活的艺术品。



图1 风雅六孔彩绘 AF 陶笛

人们在吹奏陶笛的过程中发现,开放单个音孔的面积越大,或者开放多个音孔组合的总面积越大,陶笛的发音频率就越高。

那么陶笛的发音频率与开放音孔组合总面积到底有什么样的关系呢?

## 2 实验探究陶笛发音频率与音孔开放组合总面积的关系

为了研究陶笛发音频率与开放音孔组合总面积定量关系,不妨以如图1所示的风雅彩绘六孔AF陶笛为研究对象进行探究.由于音孔内的空气体积远小于陶笛空腔内的空气体积,陶笛在吹奏过程中空腔内部的空气体积保持不变,可以用控制变量法探究陶笛发音频率与开放音孔组合总面积的定量关系。

### 2.1 操作步骤

#### 2.1.1 给陶笛的每一个音孔编码

为了便于测量,需要为陶笛的每一个音孔进行编码.哨口编号为0,正面音孔由小到大依次编号为1,2,3,4,背面音孔由左到右依次编号为5和6。

#### 2.1.2 测量每一个音孔的尺寸

由于陶笛的音孔常为椭圆形,为了准确测量音孔的面积,需要测量音孔的长轴 $l_1$ 和短轴 $l_2$ ,然后按照椭圆面积公式计算每一个音孔的面积,并将测量数据记入表1.其中椭圆面积公式为

$$S = \frac{\pi l_1 l_2}{4} \quad (1)$$

表1 陶笛各音孔的尺寸与面积

音孔编码		0	1	2	3	4	5	6
音孔大小 / mm	长轴	10.38	4.62	7.22	9.28	10.10	11.44	10.20
	短轴	9.24	4.52	7.28	9.24	10.04	11.38	10.08
音孔面积 / mm <sup>2</sup>		75.29	16.39	41.26	67.31	79.60	102.20	80.71

作者简介:张舜尧(2002-),男,在读高中生。

指导教师:张怀华(1974-),男,中教高级,主要从事中学物理教学及研究。

为了提高测量的可靠性,在本次实验探究中使用50分度游标卡尺,精确测定每一个音孔的长轴和短轴.

### 2.1.3 测量陶笛发音频率

陶笛的哨口是常开音孔,其余音孔可以在演奏者的控制下自由开合.

表2 哨口与单音孔组合

音孔组合编码	0	0+1	0+2	0+3	0+4	0+5	0+6
开放面积/mm <sup>2</sup>	75.29	91.68	116.55	142.60	154.89	177.49	156.00
发音频率/Hz	353	381	431	492	515	523	509

考虑到哨口与单音孔组合的数量比较有限,为了采集更多的数据,将哨口与音孔连续组合,计算开放音孔组合总面积,然后按此开放组合吹奏出连续、

为了便于测量和记录,首先将哨口与各音孔逐一组合,计算开放总面积,然后按此开放组合吹奏出连续、稳定、饱满的乐音,用智能手机中安装的音频分析软件Gstings测定乐音的频率,并将相应数据记入表2.

稳定、饱满的乐音,用智能手机中安装的音频分析软件Gstings测定乐音的频率,并将相应数据记入表3.

表3 哨口与多音孔组合

音孔组合编码	0→0	0→1	0→2	0→3	0→4	0→5	0→6
开放面积/mm <sup>2</sup>	75.29	91.68	132.94	200.26	279.86	382.05	462.77
发音频率/Hz	353	381	468	582	675	780	883

## 2.2 数据分析

将表2和表3中的数据录入电子表格,如图2所示,以陶笛发音频率 $f$ 为纵轴,以陶笛开放音孔组合总面积 $S$ 为横轴,绘制散点图,并为散点图添加幂函数趋势线.

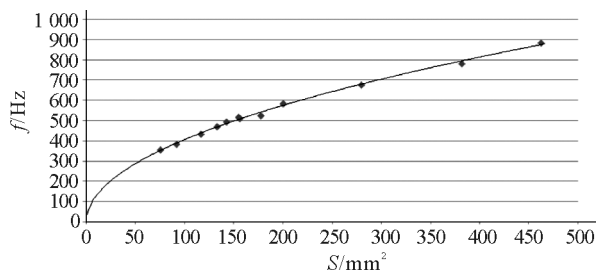


图2 风雅彩绘六孔AF陶笛发音频率与开放总面积的关系

观察图2可知,数据点分布与幂函数趋势线吻合得很好.

在电子表格中,数据点的拟合曲线方程为

$$f = 40.02S^{0.502} \quad (2)$$

由式(2)可知,在误差允许的范围内,陶笛发音频率与开放音孔组合总面积的平方根成正比.

本着化曲为直的数据处理原则,如图3所示,在电子表格中,以陶笛发音频率为纵轴,以开放音孔组合总面积的平方根为横轴,绘制散点图,并为散点图

添加线性趋势线.

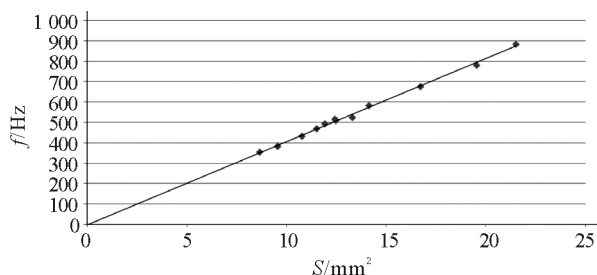


图3 风雅彩绘六孔AF陶笛发音频率与开放总面积平方根的关系

由图3可知,在误差允许的范围内,数据点分布的趋势线是一条过原点的倾斜直线.显然,陶笛发音频率与开放音孔组合总面积的平方根成正比.即

$$f \propto \sqrt{S} \quad (3)$$

按照上述方法,随后分别对风雅望月六孔AC陶笛和风雅熏烧十二孔AC陶笛进行了探究,得出的结论与式(3)一致,只是比例系数有所不同.

## 3 结论

陶笛在吹奏发音时,陶笛的发音频率随着开放音孔组合总面积的增大而增大,陶笛的发声频率与开放音孔组合总面积的平方根成正比.