

J020061 型声音传播演示仪的设计与使用

上海 卢湾 电子教学仪器厂 於福康 高元华

本文介绍一种能将声音在真空、空气、液体和固体等不同介质中不同的传播能力,有层次地演示出来的仪器。

用实验来证明声音的传播要依赖介质;不同的介质中,声传播的效果不同,在教学上是一个难点,一直没能得到很好的解决。证明“真空不能传声”的传统方法是使用抽气钟罩法,当玻璃钟罩罩上,尚未抽气的时候,铃声已大为减轻,若抽气效果不佳的话,则实验效果更难尽人意。其关键在于发声器(铃)在玻璃罩内,而作为受声器的耳朵,却在玻璃罩外——处在二种截然不同的环境之中。

本仪器将发声器和受声器一起放在一只介质筒内,通过改变介质筒内介质状态来演示介质在声传播中的作用及不同介质传播声音能力的差异。

一、仪器的结构和原理

(一)仪器的结构如图1所示。它是由1.发声器 2.介质筒 3.下盖(受声器) 4.水阀 5.放声器 6.气阀 7.贮水器 8.橡皮管等组成。A、正面 B、反面

(二)原理框图如图2a所示。其中1.介质筒 2.信号源 3.发声器 4.受声器 5.放大器。受声器及发声器的电原理图如图2b和2c所示。

(三)主要元件的设计与选择

1.由于发声器、受声器必须在真空、气体、液体和固体四种不同介质状况下工作,因此采用压电陶瓷片

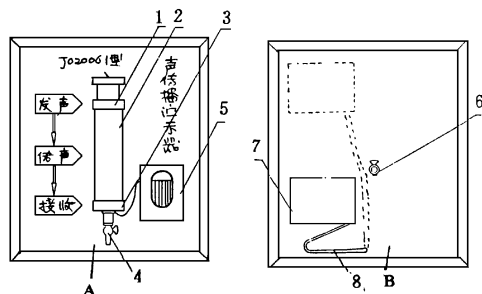


图1

作传感元件是较为合适的。压电陶瓷片的频率特性很大程度上决定于谐振频率,故一般应选择第一谐振峰频率 f_0 在1500Hz以上,这样可以使频率上限较容易伸展到3000~3400Hz,为了达到此目的,受声器的圆形压电陶瓷片设计成周边固定式,其谐振频率:

$$f_0 = K \left(\frac{1}{D^2} - \frac{E}{\rho(1-\sigma^2)} \right) \quad (1)$$

其阻抗:

$$Z = \frac{l}{\epsilon_0 \epsilon V A} \quad (2)$$

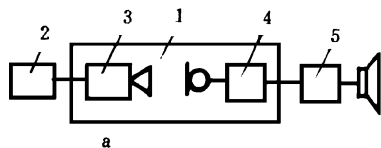
式中:

K: 常数,对圆边固定圆片为1.88

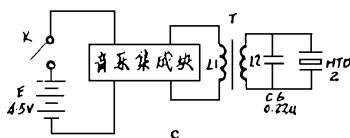
l: 压电陶瓷片厚度

E: 扬压模量

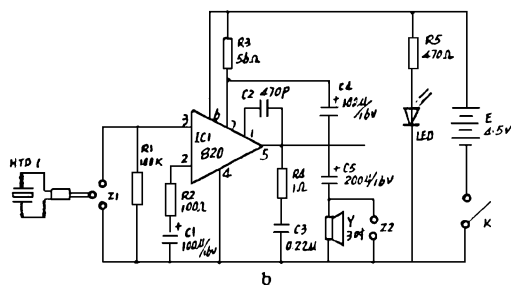
D: 压电陶瓷片直径



发声器电路



受声器、发声器电路图



ρ : 密度

σ : 泊松系数

ϵ_0 : 压电陶瓷片相对介电常数

ϵ : 空气介电常数

W : 圆频率

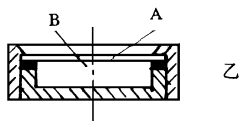
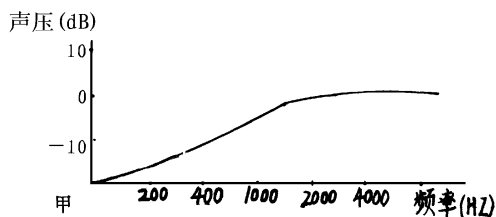
A : 压电陶瓷片面积

根据所选用的压电陶瓷片材料和(1)、(2)式的计算, 压电陶瓷片的谐振频率一般均可达到 1800 ~ 2000 Hz 之间, 其阻抗一般可达到高阻和中阻。

2. 由于压电陶瓷片的灵敏度较低, 发声、受声的效率较差, 因此, 介质筒设计必须考虑它的声场效应。从理论上讲, 增加介质筒长度, 缩小介质筒直径能使作用于受声器上的声压分布均匀。但增加长度将影响介质筒的可利用频率范围, 而缩小介质筒的直径, 又直接影响介质筒作为本仪器主体器件的可视性。因此, 从兼顾这两个因素出发, 取压电陶瓷片有效直径 $d = 23\text{mm}$, 介质筒内径 $D = 48\text{mm}$ ($d:D = 1:2$)。

介质筒长取 170mm, 为($f_0 = 2000\text{Hz}$)声音在空气中的波长, 用以提供共鸣条件。

实测筒体声压图如图 3_甲所示。



A、压电陶瓷片 B、密封腔

图 3

3. 因为发声器和受声器都须浸入液体中, 因此, 采用有密封腔的结构形式, 如图 3_乙所示。

当压电陶瓷片往复振动时, 腔内的空气也随之交替地变疏、变密。同时腔内的“气垫”作用在压电振片上(就象一根可以提高压电陶瓷片固定频率的附加弹簧), 提高了压电陶瓷片的 f_0 。使压电片的低频重放效果变劣。为了克服这一缺陷, 使压电片的低频重放声压不致降得很多, 密封腔的有效容积不得小于一个最小值 V 。

$$V = 3.5 \times 10^5 \frac{a^4}{f_{0m}^2 \left(\frac{1}{2Q_0^2} - 1 \right)}$$

式中: a : 压电陶瓷片有效半径 (单位: cm)

f_0 : 压电陶瓷片的下限频率

m : 压电陶瓷片质量

Q_0 : 压电陶瓷片本身的品质因素, 若低频段

没有峰值时, $Q_0 < \frac{1}{2} \quad 0.707$

根据上式的计算, 密封腔的最小体积一般不小于 0.8cm^3 。

二、工艺要求

要使仪器具有理想的实验效果, 除了要选用合适的材料和元器件外, 工艺措施是至关重要的, 本仪器制作有如下三个关键。

(一) 密封

1. 介质筒下盖靠螺纹与筒身旋紧, 中间配以橡胶密封圈, 要求密不漏气。

2. 介质筒上盖无螺纹, 仅靠抽气时介质筒内产生的负压来吸牢上盖, 故对上盖内橡胶圈的硬、软、平整、定位及清洁等都有严格的要求。

3. 气阀、水阀及其与筒身连接的配合都很重要, 除外购时要检查质量外, 装配时, 亦要作气密性试验, 保证不出现漏气现象。

4. 发声器、受声器的两个密封腔, 须经受真空、液体、气体、固体的反复冲击, 其密封质量是实验成败的关键, 因此必须认真处置, 绝不能漏气。

5. 引线接头处的密封要求高, 故从上、下盖、发声器和受声器的密封腔等引出的引线不能用包皮线, 因为包皮和铜丝间空隙也会漏气。

(二) 绝缘

由于引线不是包皮线, 极易造成电传导, 因此应对引线接头处作绝缘处理, 保证发声器和受声器之间无电气影响。

(三) 避振

要真实反映声音在各种介质中的传播状态, 必须将发声器的振动与筒体隔离(对受声器也如此), 否则会把筒壁传导误作空气传导。这一点在做真空实验时, 尤其显得重要。

三、使用方法

(一) 准备工作

1. 打开发声器上盖和放声器后盖, 各装上三节 5

号电池。

2. 将专用连线的双头J插头插入下盖(受声器)和放声器的相应插孔中。

3. 用橡皮导管将贮水器和水阀连接起来(此时关闭水阀)。

4. 将水注入到贮水器标高线(为使演示效果明显,可加入适量染料,如红墨水)。

(二)演示操作

1. 空气介质

取下发声器,合上电源开关,可听到悦耳的音乐声。然后把发声器罩在介质筒上端,再合上放声器电源开关,可从放声器喇叭中听到清晰音乐声,说明声音通过空气这一介质进行传播。

2. 真空

(1)同1。

(2)关闭水阀,打开气阀,并连接好抽气机进行抽气,从放声器中发出的音乐声随着介质筒内空气稀薄

逐渐变小,直至听不出,说明真空不能传声。关闭气阀(因绝对真空有困难,故该仪器会残留很小乐声)。

(3)演示结束后取下抽气连管,打开气阀。

3. 液体介质

(1)同1。

(2)关闭气阀,打开水阀,把贮水器挂上面位置。水面在介质筒内上升,直至浸没上盖发声器,此时声音会突然变响,说明水能传播声音。

(3)演示结束后,把贮水器放回原来位置,水重新回进贮水器内,关闭水阀。

4. 固体介质

(1)同1。

(2)取下发声器,把传输棒(附件)放入介质筒,罩上发声器,使传输棒直接接触发声器和受声器。此时乐声清脆响亮,说明固体也能传播声音。

(3)演示结束后取出传输棒。

(收稿日期:96.11.7)

气体膨胀做功内能减少演示器

江苏省灌云县同兴中学

陆庆节

一、原理

内能转化为机械能,内能减少,温度降低。

二、特点和用途

本演示器取材容易,制作简单,成本低廉,使用简便,演示一次只需3—5分钟,节省时间。演示效果明显、直观,由于瓶内产生浓雾和橡皮塞冲出后发出较大的响声,使得该实验更生动、更能激发学生的兴趣。

四、制作材料

雪碧瓶、自行车气门芯、橡皮塞一只、气体温度计、木块等。

五、制作方法

按图示结构装好,接头处用504强力胶粘好。

六、使用方法

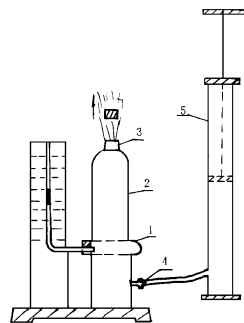
1. 向雪碧瓶内滴几滴酒精,塞紧橡皮塞。

2. 用打气筒向瓶内打气,由于压缩气体做功,瓶内气体热能增大,温度升高,酒精被蒸发形成蒸气,至瓶内压强增大到一定程度时,“嘣”的一声,橡皮塞被冲出(5—6米高),由于瓶内气体膨胀做功,内能减少,温度忽然降低,出现非常明显的雾化现象(保持2—3分钟)。同时观察左边的空气温度计中红色液柱明显下降,从而说明温度降低,内能减少。

说明:

1. 该装置还可以演示空气有质量。

2. 物体在空气中受到浮力,利用雪碧瓶还可以做“水火箭”、浮沉子、锅炉水位计等十几种物理教具。



1. 空气温度计 2. 雪碧瓶
3. 橡皮塞 4. 气门芯
5. 气筒

(收稿日期:96.11.6)