

探究声音传播条件实验装置的创新设计

莆田第二中学 陈剑峰

本文为莆田市教育科学“十三五”规划 2020 年度课题“基于核心素养的理化生 DIS 创新实验的开发与实践研究”（课题号：PTGFKT20157）项目研究成果。

摘要：八年级物理“真空罩实验”较为抽象。利用磁悬浮技术将声源悬浮在真空罩内，避免实验时声音从底座传出对实验造成影响；用手机 APP 控制声源发出单一频率的声音，采用声波传感器改装的相对声音强度传感器实时监测声音的变化情况；用压强传感器改装的相对空气含量传感器实时显示罩内的相对空气含量值。

关键词：真空罩；悬浮；空气；相对声强传感器；相对空气含量传感器

一、研究背景

“声音的传播实验”是人教版八年级物理上册第二章声现象的内容。教师在探究声音传播的条件时大多采用教材中的“真空罩”进行演示，如图 1，器材简易，实践发现实验存在不足：

(1) 随着真空罩内气体的不断抽出，实验者听到的声音强度越来越弱，但一小段时间后声音无明显变化，且能明显听到闹铃声，声音由底座传播出去对实验影响有多大？罩内的空气能否全被抽出？

(2) 此实验为演示实验，为减少真空泵工作的噪声对实验的影响，实验时要不时地关闭阀门，切断真空泵电源，再通过听觉判断声音间断性的变化。不准确，不科学。

鉴于以上问题，笔者对装置进行了改进，改进后的装置如图 2，并利用装置对问题作更深入的探究。



图 1 教材中的空气罩实验器

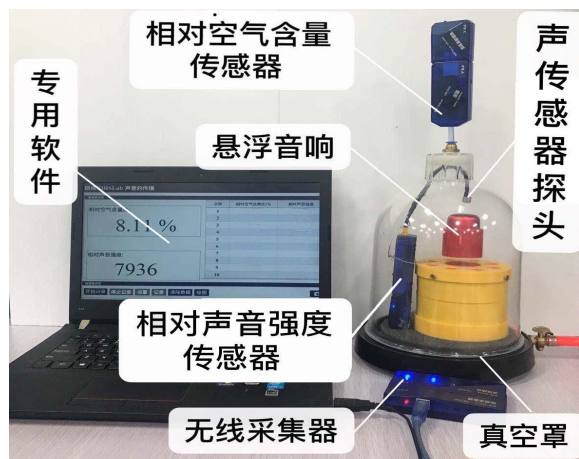


图 2 改进后的实验装置

二、装置设计基本思路

利用磁悬浮技术，使声源悬浮在真空罩内。

利用手机 APP 软件（音频发生器）对声源发声的音调及响度进行控制。

引入 DIS 传感器，将压强传感器改装成相对空气含量传感器，用来实时测量罩内的相对空气含量，将罩内的空气含量量化。利用软件对声波传感器监测的近 10 个波形进行数据处理，得到振幅平方的平均值，用该值来表示监测到相对声音的强度。

在罩内某一固定位置监测声音的强度变化，减少外围杂音对实验数据的干扰。

三、装置制作

(1) 悬浮体的制作

①材料

蓝牙音响、电阻（180R/1K/1.2K/1.5K/3.3K/5.1K/10K/20K/130K/330K/430K）、1N4148、LM324、LM393、TL431、78L、05、霍尔传感器、220UF 电解电容、1UF 电容、0.1UF 电容、B772 三极管、D882 三极管、19*12mm 铜线圈、铜柱、带孔磁铁（直径 12mm/15mm/25mm/40mm）、电源、导线若干。

②原理

想要让悬浮物仅仅靠磁铁排斥悬浮在空中非常难，悬浮的磁铁会翻转，设计中间增加两对互成 90 度的线圈组合的底座，每个线圈组由正反两线圈串联起来，利用霍尔传感器输出的模拟值去判断悬浮子的偏移情况。当一边高电平，一边低电平就能实现电流正反切换，并通过 LM324 对电流进行放大处理，当浮子往左边偏的时候，电流正向导通，使左边线圈产生排斥力，不让它左偏，相反浮子往右边偏的时候电流反向导通使右边线圈产生斥力，阻止浮子右偏，实现了用 4 个线圈组成 2 组串联的线圈来锁定浮子。

③悬浮体实物图(如图 3)



图 3 悬浮体实物图

(2) 真空罩的改装

将有机玻璃真空罩顶部钻孔，接入气动跨板直通，注入 AB 胶密封，用来快速插入压强传感器；将真空泵出口及与真空罩连接处均改装成直插式，方便操作。

(3) 传感器的改装

①相对空气含量传感器

教材装置在抽气、充气过程中罩内空气含量变化无法直观判断。一段时间后罩内的空气是否全部抽出？这一问题对于这些思维能力薄弱的刚接触物理的学生而言理解起来有点困难。根据气体状态方程 $pV = nRt$ ，当 V 、 R 和 t 一定时， $p \propto n$ ，即可以用 p 来衡量罩内空气的量。介于学生还没接触压强和压强传感器，通过修改软件，利用压强传感器制成“相对空气含量传感器”，罩内相对空气含量 $A\% = \frac{p}{p_0} \times 100\%$ ，可实时显示罩内相对空气含量。

②相对声音强度传感器

利用声波传感器采集波形（声波发出单一频率的声音，采集到正弦波），软件实时显示10个周期振幅平方的平均值，用来衡量监测到的相对声音强度，将其量化，解决了通过人耳间断性判断声音强度变化不准确、不科学的问题。

(4) 探究声音的传播实验过程

①实验方案

利用手机控制蓝牙音响发出某一频率的声音，在罩内安装相对声音强度传感器，真空泵不断往外抽空气，（无法再往外抽气后）再将空气缓慢通入真空罩内，采集多组相对声音强度与罩内相对空气含量的实验数据，分析得出结论。

②实验步骤

a 将来真空罩底放置水平桌面上，接好抽气泵，让抽气泵尽量远离真空罩；

b 闭合磁悬浮底座上的电源，置于真空罩内，将悬浮子放置悬浮底座上方悬浮，将相对声音强度传感器放置于真空罩底座上，探头对准音响，把相对空气含量传感器插入有机玻璃罩顶接口处，盖好玻璃罩；

c 检查装置气密性（抽一小段时间气，关闭气阀，若压强无变化则气密性良好），松开阀门；

d 利用手机控制蓝牙音响发出某一频率的声音，闭合抽气泵的开关，不断向外抽气，待罩内空气不再变化，稍松开气阀让空气缓慢进入罩内，记录多组相对声音强度与相对空气含量的实验数据；

e 分析数据得出结论。

③实验数据

表1 探究声音传播的实验数据

抽气过程	相对空气含量	100.00%	81.60%	65.30%	47.06%	22.23%	11.27%	5.18%	2.99%
	相对声音强度	27947	26672	23241	19722	13413	10110	7769	6822
充气过程	相对空气含量	13.24%	21.04%	30.42%	40.18%	53.54%	71.88%	80.85%	100.00%
	相对声音强度	11003	13136	15376	18493	21115	24151	25670	28012

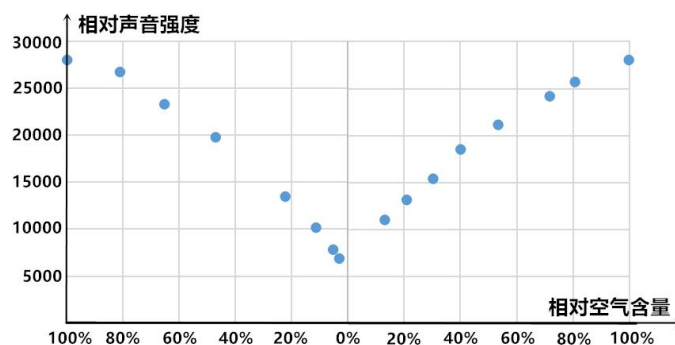


图4 检测到的相对声音强度与罩内相对空气含量的关系趋势图

④分析与结论

以相对空气含量为横坐标、相对声音强度为纵坐标作图如图4所示。从图4可知，在一定情况下，随着罩内空气的减少，接收到声音的强度越来越弱，即空气越稀薄传声效果越差。从而推理得到：声音传播需要介质，真空不能传声。

四、结束语

本装置利用磁悬浮技术让蓝牙音响悬浮在真空罩内,避免实验时声音从固体传出对实验造成的影响;利用手机 APP 控制蓝牙音响发出单一频率的声音,把声波传感器改装相对声音强度传感器实时监测声音的变化情况;将压强传感器改装的相对空气含量传感器,可以直观显示罩内的相对空气含量值。持续抽气,相对空气含量传感器显示值保持 2.99%不变,说明真空泵无法将罩内空气全部抽出,实验需要用到理想推理方法。还可以将不同气体充入罩内,研究不同气体的传声效果。

物理是一门以实验为基础的学科,具有综合性,与数学、信息技术等学科均有密不可分的联系^[1],在实验教学过程中,教师若能针对性地对教材实验的不足,基于创客技术对实验做创新改进,可以培养学生跨学科解决问题能力和创新能力^[2]。通过开发创新实验资源,促进物理深入学习,提升学生核心素养。

参考文献

[1] 杨雪. 将创客教育融入中学物理课堂初探[D]. 云南师范大学, 2017.

[2] 侍宇泰. 中小学创客课程开发案例研究[D]. 杭州师范大学, 2017.