

# 基于亥姆赫兹原理下 PVDF 基复合材料压电型噪声发电装置

唐革舜 毛佳敏 孔祥任 刘美茵

山东科技大学 山东泰安 271000

【摘要】本作品在噪声发电机械设计方面，选择声压级相对较高的噪声源，利用外在环境的高声压作为转化的原材料，分别进行电器设计和机械设计。通过抛物形噪声收集装置，将玻璃钢反射音板嵌入适宜位置，在复合型的振动膜的基础上，利用有机压电材料（聚偏氟乙烯）与晶体材料相结合复合型的电容式电声换能器，使机械能转换为电能，并利用反峰电压较高的二极管和耐压较高的电容，用倍压整流电路使得电压放大若干倍，外接一大容量电容  $C_p$ ，具有使用方便，操作安全，灵活性强，环保零排放等优点，并且能实现改善人们的生活环境和节能减排的目的。

【关键词】噪声发电，PVDF 基复合材料压电薄膜，抛物线接收，镍氢纽扣电池收集，传感投射

## 1. 研制背景及意义:

随着社会经济的发展与进步，强烈的噪声源在人们工作生活中并不少见，如飞机场、大型工厂、闹市、建筑场地等噪声较大的场所所产生的噪声。因此创造舒适安静的生活环境是公众亟待盼望解决的问题。而噪声也是一种能源，噪声发电具有环保、零排放的优点，发达国家已经将其列为电力研究领域的前沿技术。噪声发电的出现势必对环境改善和节能减排产生重大意义。

## 2. 设计方案:

### 2.1 电器控制

#### 2.1.1 噪音收集器（抛物形噪声收集装置）

在自由声场中，声波在所有方向都可以自由传播，声能在球形波振面上辐射出去。离声源越远，波振面越大，通过单位面积的声能减少，声音强度表现为衰减。声波在自由场中传播，近似一个椭球体，所以我们利用抛物形的接触面积大，声音不易发散等优点，设计了抛物线形的噪声收聚装置，进行过滤、收集，为电声转换器提供一定频率范围的噪声原材料，由于声波也具有相似的性质，所以我们利用光的反射原理，利用玻璃钢反射音板嵌入适宜的位置收集。

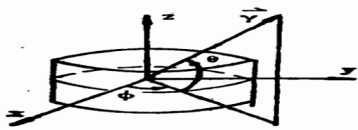
#### 2.1.2 电声转换器

电声换能器的作用是将声能转换成电能。在实际操作中，一般都要要求所使用的换能器有尖锐的指向性，这样有利于集中发射能量，在接收时能获得较高的信噪比，也有利于对检测目标的定位评定。换能器的指向性与其辐射面尺寸、结构、工作频率和传声介质特性等相关：对于接收换能器，则是指沿换能器主轴线传来某频率声波所产生的电动势平方值与频率相同、方均根声压相同的扩散声场所产生的电动势平方值之比。

指向性因素也可以用分贝（dB）表示，它等于指向性因素的常用对数乘 10。对于发射换能器，指向性指数也可称作指向性增益。换能器基阵的指向性指数（DI）是表征其声学性能的一个重要参数。当基阵用于发射时，DI 是描述基阵发射声场声能集中程度的一个物理量，当用作接收时，DI 是度量基阵从各向同性均匀的噪声场中提取信号的能力。

$$DI = 10 \log DF \quad (1)$$

$$DF = \frac{4\pi}{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_0^{2\pi} R^2 \cdot (\theta, \phi) \cos \theta d\theta d\phi} \quad (2)$$



通过资料显示，确认了换能指向性系数，明确了电声转换器的原理以及相关系数。

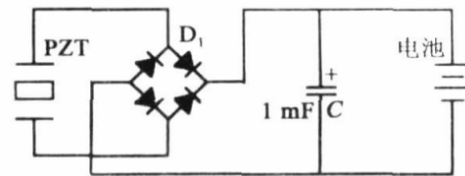
#### 2.1.3 PVDF 基复合材料压电薄膜(压电材料)

压电材料是受到压力作用时会在两端面间出现电压的晶体材料。相比较而言，压电陶瓷压电性强、介电常数高、可以加工成任意形状，但机械品质因子较低、电损耗较大、稳定性差，因而适合于大功率换能器和宽带滤波器等应用，但对高频、高稳定应用不理想。而有机压电材料如聚偏氟乙烯（PVDF）（薄膜）及以它为代表的其他有机压电（薄膜）材料，这类材料及材质柔韧，低密度，低阻抗和高压电电压常数(g)等优点为世人瞩目，且发展迅速，不足之处是压电应变常数（d）偏低，使之作为有源发射换能器受到很大的限制。所以我们综合上述研究，将采用复合型压电薄膜即 PVDF 基复合材料薄膜，从而大大的提高转化电压的效率。

材料名称	厚度	介电常数	压电系数	阻抗	耐压	其他参数
陶瓷压电材料	0.5mm	1000	300	100kΩ	10kV	...
有机压电材料	0.1mm	100	10	10kΩ	1kV	...
复合材料	0.2mm	500	150	50kΩ	5kV	...

#### 2.1.4 电能收集装置

电路以选择陶瓷电容为蓄电装置，噪声通过声能放大器，使声能转换为机械能，与压电式电声换能器相连接，使机械能转换为电能，转换的电能通过 AC/DC，及倍压整流电路，并以充电电池为储存媒介的储存电路，其作用是将来自压电薄膜的电量，储存到一个镍氢纽扣电池中。其基本结构为压电薄膜、全桥校正器、储存电容元件、充电电池及连接线路等。试验研究时，压电振子在外加振动激励的作用下，产生交流变化的电荷信号，产生的电荷经全桥校正器收集进入一个大容量的电容中，电容一般大于 1000 μF，利用电池和电容并联，电容将收集来的电量储存入充电电池中。



#### 2.1.6 传感系统信号采集与显示系统设计

系统可以分为 3 个部分，第一部分是信号源，由霍尔传感器产生电压信号，信号通过差分放大，滤波得到较清晰的信号；第二部分时信号经过 A/D 转换送入单片机进行处理，再通过串行通信送入 PC 机处理得到结果。第三部分是数据的显示，显示结果通过 v-x

关系图,单片机 A/D 模数转换,将倍压整流电路产生的电压清晰的呈现在传感器屏上,从而来判断转化电能的效率,直观而又更加便利。

(1) 霍尔电压传感器原理

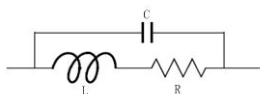
霍尔电压传感器主要包括初级线圈、磁环、次级线圈、放大电路及与初级线圈串联的限流电阻 R。抛开限流电阻 R,剩余部分相当于一个闭环霍尔电流传感器。不同之处在于该传感器的初级电流非常小,一般为毫安级。

直观分析:小信号测量难度大,精度低,同样基于霍尔效应的霍尔电压传感器的性能远远低于霍尔电流传感器。

显然,初级线圈的电流越大,电阻 R 的功率越大。

(2) 霍尔电压传感器特点

客观世界中,不存在理想的电阻元件,其本身具有一定的形状和体积,必然造成附加的电感和电容,此外,环境的分布电感和分布电容也对电阻元件起到一定的影响。如图所示,电阻元件可以等效为电阻 R 与电感 L 串联后再与电容 C 并联。



图中电阻元件的阻抗为:

$$Z = \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{(1 - \omega^2 LC)^2 + (\omega CR)^2} + j\omega \frac{L(1 - \omega^2 LC) - R^2 C}{(1 - \omega^2 LC)^2 + (\omega CR)^2} = R_e + jX_e$$

上式中, Re 和 Xe 分别为等效电阻的分量和等效电抗分量。

由于 L、C 一般较小, 1/LC 较大, 在  $\omega 2 \ll 1/LC$  时和  $\omega \ll 1/RC$ , 上式可简化为:

$$Z \approx j\omega L + \frac{R}{j\omega RC + 1}$$

一般而言,由于 L 很小,第一项可忽略。对于第二项,当 RC 较小时,非常接近 R。然而,当 R 较大时,RC 不可忽略。

当 RC 相对  $\omega$  不可忽略时,第二项对霍尔电压传感器的精度和带宽都有较大的影响。

(3) 模/数转换原理

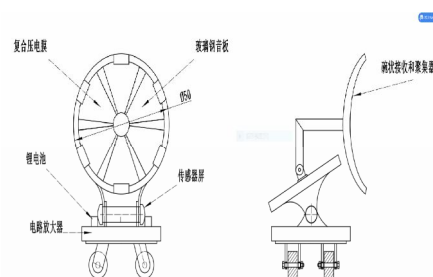
该系统中的单片机是使用 Atmel 公司的 AT89C51 微控制器,与 MCS-51 单片机产品兼容。在设计中主要用它来控制传感器信号发生装置输出的模拟信号转换成数字信号,进行数据采集和显示以及串行通信。

经过与标准量比较处理后的模拟量转化成以二进制数值显示的离散信号的转换器,简称 A/D 转换器,转换器的输入量一般为直

流电流或电压,输出量为二进制数码的数字量。该设计中使用 ADC0809 转换器,过程如下:首先它可以将其看成由一个 8 位 A/D 转换器和一个 8 通道模拟多路开关组合而成,由引脚 ADDA,ADDB,ADDC 决定具体是哪一条模拟量来进行转化。在引脚 START 和 ALE 上加一个正脉冲后,通过选择码立即锁定并同时 ADC 转换启动。转换开始后 OE 引脚加一个正脉冲,将输出缓冲器的三态门打开。使转换后的数字量能够传送到数据总线。

(4) 数据采集和显示

放大处理后的电压信号,虽然在幅值上达到了可以处理的范围,但模/数电压的转换的范围是 0~5V,而传感器输出的电压存在负值,为了使电压匹配,信号电压在接入模/数转换器前可以加一级加法电路,将电压信号全部转换为正值。数据显示电路分为数码管显示电路和 PC 机显示部分。数码管显示用于单片机上,单片机分别通过段显码和位显码对数码管上显示的数据进行控制。段显码控制显示的数据内容,位显码则控制数码管亮或灭。



参考文献

[1] 苏梦梦.基于亥姆赫兹共振原理的噪声发电应用[J].ELECTRONICS WORLD·技术交流, 017-12:159  
 [2] 张彦.玻璃钢舞台音响反射板的试制[J].成都滑翔机制造厂, 987-04: 20-21  
 [4] 彭睿.利用噪声进行发电相关研究[J].环境科技, 25 卷第 5 期.2012-10:22-26  
 [5] 赵咏周.PVDF 基复合材料薄膜的压电性及其在小能量采集中的应用研究[D].西南科技大学硕士数据库, 018-06-13:11-13  
 [6] 曾平.压电发电能量储存方法的初步研究[J].压电与声光, 三十卷第二期.2008-4:230-235  
 [8]Solomon O.Giwa; Collins N. Nwaokocha; Hezekiah O. Adeye mi;2018-07-0120, Noise and emission characterization of off-grid diesel-powered generators in Nigeria,P783-P820  
 指导老师:张宁, 山东科技大学基础课部, 271019