

高分子薄膜电摩擦极化方法初探

赵克勤 卢德明

(国营红声器材厂)

本文简介了高分子薄膜电摩擦极化方法,并将电摩擦极化法与热极化法制备的传声器用聚丙烯驻极体薄膜进行老化和存放对比试验,结果表明,电摩擦极化方法简单迅速,电荷稳定性良好,可用于大量生产。

一、问题的提出

近几年来,随着驻极材料及驻极工艺的发展,进一步推动了驻极体电容传声器的应用和发展,同时也对驻极体提出了电荷密度高、均匀性好和寿命长的要求。

目前,国内外驻极体的极化方法很多,如热极化法、电晕法、电子轰击法、光驻极法和磁驻极法等。而常用的一般为热极化法和电晕法两种。我们知道,热极化法是将极化的高分子薄膜放在两平行电极之间加热,同时加上一直流电场,保持一段时间,然后使温度降到室温,去掉外电场,从而得到驻极体。电晕法是把驻极的高分子薄膜铺在金属板上,让针状电极离开薄膜表面一定的距离作电晕放电,并慢慢扫描,这样也能得到驻极体。然而,前一种方法要有升温 and 冷却装置,极化时间需要数小时,这是它的缺点;后一种方法,极化时间虽可缩短,但是要进行电晕放电,必须有高压加入装置,这种装置一般工厂难以制造,设备昂贵,因此也不够理想。为能采取一种既不需要升温 and 冷却装置,又能以较低的电压和较短的时间获得驻极体的方法,我们对电摩擦极化方法进行了初步试验和摸索。

二、极化方法

驻极体是一种长久地保持电极化状态的电介质。驻极体的表面和内部都保持一定的电荷,驻极体内部的电荷来自内部的极化和外部的注入。内部极化是在外电场作用下,驻极体内原来处于中和平衡的电荷重新分布的结果。而外部注入则是由于电介质有不同程度的陷阱,在外电场作用下载流子被强迫注入的结果。前者与邻近电极的极性相反,称为异号电荷;后者与邻近电极的极性相同,称为同号电荷。一般来说,同号电荷比异号电荷稳定,因此我们希望得到大量的同号电荷。电荷的稳定性往往还受到材料的性质和周围环境的影响,其中尤以湿度影响最大。

电摩擦极化法是把需要极化的高分子薄膜的一个面在真空条件下覆上一层金属膜作为一个电极,另一面跟金属板相接触,然后在两电极(金属板和金属膜)间加上规定的直流电压。加上直流电压后,由于静电场的作用,薄膜被吸附在电极上。为了使薄膜跟金属板沿 b 方向作相对摩擦移动,必须加上一个移动的力(如图 1 所示)。通过这样缓慢地摩擦移动便可连续地极化,从而获得驻极体。

对于传声器用驻极体,我们将用高分子

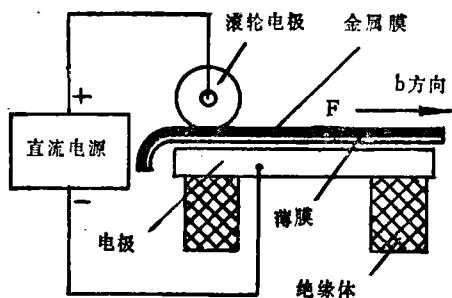


图1 电摩擦极化方法示意图

薄膜作的振膜毛坯在金属绷环上绷紧，再将振膜的一面覆上金属膜，然后进行电摩擦极化(如图2所示)，这样便可获得同号电荷的驻极体。

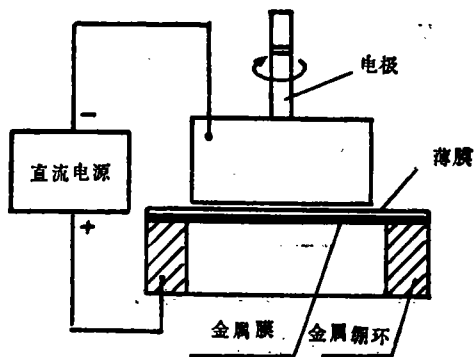


图2 圆形薄膜电摩擦极化示意图

试验表明，在转动电极和金属绷环之间加上一直流电压后，由于静电场的作用，刚和转动电极接触时吸附力较大，所以必须将电极相对地转动几次(时间约数十秒)，以去掉外电场。

三、薄膜厚度同极化电压和电荷大小的关系

驻极材料除要求有优良的电气性能和机械性能外，还要求易于极化，能产生大量的同号电荷。为提高驻极体的稳定性，其体积电阻率最好能大于 10^{20} 欧姆·厘米，且陷阱要深，密度要大。

一般说来，含氟的高分子薄膜有良好的

驻极性能。目前国内外常采用的高分子薄膜有聚全氟乙丙烯(F-46)、聚偏氟乙烯(PVF₂)、聚四氟乙烯(F-4)和聚丙烯。我们将桂林产的聚丙烯薄膜和由日本进口的聚丙烯薄膜做了一些试验，其结果见表1。

表1 聚丙烯薄膜厚度及其与极化电压和电荷大小的关系

驻极材料	材料厚度(微米)	极化电压(伏)	表面电位 U_s (伏)
日本聚丙烯薄膜覆铝	8	600	100、120、90
		800	120、140、160
桂林聚丙烯薄膜覆铝	15	1400	140、150、160
		1600	240、260、280
桂林聚丙烯薄膜覆金	15	1600	280、260、300

试验结果表明，在一般情况下，相同厚度的高分子薄膜电摩擦极化后，其表面电荷的大小与外加电场是成正比例增加的。但是，应特别注意，极化时外加电场的极限值，不能超过高分子薄膜的击穿电压强度。

聚丙烯薄膜厚度8微米和15微米之极化电压与电荷大小的关系如图3所示。



图3 材料厚度同极化电压和电荷大小的关系

四、测量方法

用电摩擦极化方法制备了驻极体振膜后，必须对其表面电荷密度和稳定性进行测量。表面电荷密度的测量方法我们采用“抵

消法”，测量装置如图4。

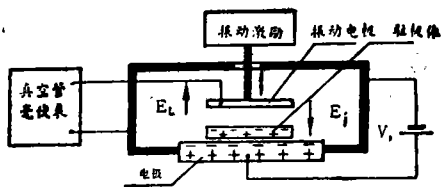


图4 表面电荷测量方法示意图

当振动电极离驻极体某一固定距离以固定的频率和固定的振幅作振动时，由于驻极体内场强 E_j 的作用，于是由振动电极拾取一交变讯号，真空管毫伏表便有一输出指示。当驻极体回路加上抵消电压时，在气隙中产生的场强 E_L 足以抵消驻极体内场强 E_j 时，振动电极无讯号拾取，因而真空管毫伏表输出为零。但由于杂散电场的影响，往往达不到零值，这时应该注意外加抵消电压的细调和输出最小值的拐点。其抵消电压 V_s 由下式决定：

$$V_s = \frac{\sigma \cdot L}{\epsilon \cdot \epsilon_0} \text{ (伏)}$$

式中 V_s ——外加抵消电压(伏)

σ ——驻极体表面电荷密度；

L ——驻极体材料厚度(微米)；

ϵ ——驻极体相对电介质常数；

ϵ_0 ——真空介电常数。

由上式可以看出抵消电压大小与驻极体表面电荷密度成正比。

五、两种极化方法的老化和存放试验结果

众所周知，刚极化的驻极体振膜的电荷是不稳定的，必须进行老化处理，我们将用电摩擦极化法和热极化法制备的 $\phi 46$ 毫米的驻极体振膜采用高温(40°C)高湿(90%)连续老化后，观察其两种极化方法电荷的衰减情况。表2为其测量结果。

两种极化方法电荷相对值衰减的比较曲线如图5。可以看出，刚开始老化时电荷的衰

表2 极化薄膜材料的电荷衰减测量值

编号	极化方法	薄膜材料	老化前 U_s (伏)	老化时间(小时)/ U_s (伏)				
				8	16	24	32	40
1	电摩擦极化	桂林聚丙烯覆	160	140	140	120	120	120
2		铝(15微米)	230	190	180	160	160	160
3		桂林聚丙烯覆	210	180	180	180	180	170
4		金(15微米)	240	230	230	180	180	180
11	热极化	桂林聚丙烯覆	300	250	240	180	180	180
12		铝(15微米)	220	180	140	140	140	140
13		桂林聚丙烯覆	280	200	180	160	160	160
14		金(15微米)	160	150	140	120	120	110

减都比较快，随着老化时间的延长，其衰减速度减慢，到一定时间后曲线趋向平直，即保持一定的稳定电荷。

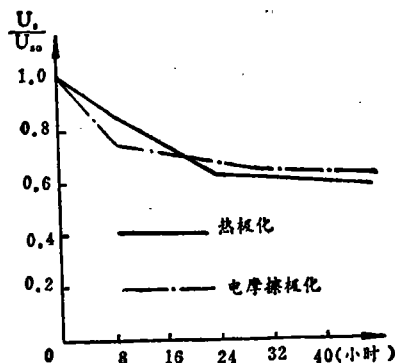


图5 极化薄膜材料在老化后的电荷稳定性

由于极化的驻极体振膜，在生产中往往不能马上装配，如果跟流动空气长期接触，空气中的带电离子会对驻极体的电荷进行中

表3 极化薄膜材料经过存放后的电荷衰减测量值

编号	极化方法	存放前 U_s (伏)	存放天数(天)/ U_s (伏)					
			5	10	15	20	25	30
6	电摩擦极化	280	260	250	250	250	240	240
7		250	250	230	230	220	220	220
8		220	210	210	200	200	190	190
9		200	190	180	180	160	160	160
16	热极化	300	290	290	270	270	260	250
17		250	250	240	240	230	230	230
18		300	280	280	250	250	240	230
19		270	260	240	240	230	220	220

(下转第43页)

$$\begin{pmatrix} f_{11}(0) \\ f_1(0) \\ f_{31}(0) \\ f_3(0) \end{pmatrix} = 0 \quad (27a)$$

$$\text{和} \begin{bmatrix} \frac{1}{2}C_{66} & 0 \\ z_3^{(2)}(0) & z_4^{(2)}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{21}(0) \\ f_2(0) \end{bmatrix} = 0 \quad (27b)$$

两组频率方程分别为:

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{2}C_{66} & 0 & 0 & jk_1 \frac{1}{2}C_{66} \\ 0 & jk_1 C_{12} & C_{11} & 0 \\ z_1^{(1)}(0) & z_2^{(1)}(0) & z_5^{(1)}(0) & z_6^{(1)}(0) \\ z_1^{(3)}(0) & z_2^{(3)}(0) & z_5^{(3)}(0) & z_6^{(3)}(0) \end{pmatrix} = 0 \quad (28a)$$

$$\text{和} \begin{bmatrix} \frac{1}{2}C_{66} & 0 \\ z_3^{(2)}(0) & z_4^{(2)}(0) \end{bmatrix} = 0 \quad (28b)$$

四、结 语

本文从理论上证明了伴随法可用于声波

(上接第 24 页)

和, 这就要解决一个存放问题。因此, 我们把这两种方法极化的振膜放在干燥器中作存放试验, 观察其电荷的稳定情况。其测量结果见表 3。

图 6 则表示了薄膜驻极体在干燥器中存放天数与电荷相对值的变化情况。

从表 3 和图 6 可以看出, 电摩擦极化的薄膜驻极体在干燥器中存放一定天数后, 其电荷就相对稳定于一水平线上了, 能满足在生产中存放一定的生产周期。

六、简单结论和注意事项

从上述两种极化方法的对比测量结果, 可以看出, 电摩擦极化方法不需要升温 and 冷却装置, 而且简单、迅速、电荷稳定性良好,

在板中的传播问题, 导出了板为各向异性材料情形下的普遍频散方程和运动方程。在板为各向同性的情形下, 方程分解为独立的两组, 一组只包含变量 f_{21} 和 f_2 , 而且可以看出, $f_2(x_3) = \text{常数}$, 即质点在 x_2 方向的运动不随 x_3 变化。另一组包含 f_{11}, f_1, f_{31}, f_3 等变量, 即质点在 x_1 和 x_3 方向的运动还是耦合在一起的。它们在这两个方向的运动均与 x_3 有关, 具体的频散关系和对应于各频率的传播模式由(28a) (27a)和(25a)求出。前一组方程对应的波为 Love 型, 后一组方程对应的波为 Lamb 型。

参 考 文 献

- [1] 强盘富: «计及横向耦合的振幅变换器的计算», 声学学报, 第 3 期 p. 186, (1982) 年。
- [2] 强盘富: «有限尺寸压电陶瓷圆板的耦合振动», 超声技术, 第 1 期 p.1 (1980 年)
- [3] 郭纪捷: «轴向极化压电陶瓷圆片的自由振动», 无线电电子学汇刊, 第 1 期 p.65 (1982 年)

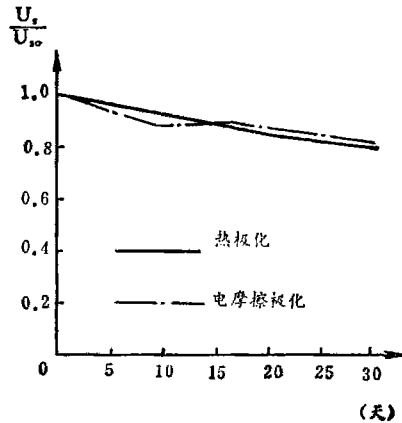


图 6 极化薄膜材料在存放后的电荷稳定性

较之热极化方法优越, 可在生产中广泛应用。

由于环境湿度对电荷的稳定性影响最大, 因此在驻极体的极化和生产过程中必须十分注意周围环境的干燥和无灰尘等。