

# 准静态法 $d_{33}$ 测量仪

潘 潮 陈守六

(中国科学院声学研究所)

1986年2月15日收到

压电常数  $d_{33}$  是表征压电材料性能的一个重要参数,故能正确而快速的测量,对于压电材料的研究,生产与应用十分重要。以往常用动态法及静态法测量,但前者对试样尺寸要求严格,手续繁复,后者精度太低。准静态法则兼有动态法的精度及静态法的简便性,而又避免了二者的缺点,是  $d_{33}$  测量最为理想的方法。本文对准静态法原理,以及仪器设计作了介绍。

## 一、引 言

采用准静态法测量  $d_{33}$  压电常数目前在国际上已被广泛应用,国内近一年来,部分高校、科研单位及工厂也相继开始采用该方法。准静态法本质上类似静态法,通过加力而直接得到  $d_{33}$ ;但它不同于静态法,准静态法中所加的力不是一个静态力,而是一个动态交变力,从这个意义上讲,准静态法是一种动态的测量方法。但它又区别于大家所熟悉的动态法——谐振法,因为在准静态法中所提供的交变力的频率是远低于振子谐振频率的。

众所周知,谐振法是目前公认的测量  $d_{33}$  值较准确的一种方法。但谐振法有几个明显的缺点: 1. 它对被测试样的形状、尺寸有着较严格的要求,不适合于各种规格、形状试样的测量。2. 它的测量方法比较复杂,对试样的屏蔽要求很高,故不适合于成批试样的测量。3. 谐振法测量只能得到试样  $d_{33}$  的绝对值,而不能确定  $d_{33}$  的极性。所以,谐振法测量  $d_{33}$  难以推广。

就目前国内普遍使用的静态法而言,虽然比谐振法简单、直接,既能得到  $d_{33}$  数值,也能确定  $d_{33}$  极性。但静态法测量的误差较大,测得的  $d_{33}$  值一般偏高,而且测量的重复性不好。主要原因:一是热释电荷引起的漂移。二是铁电材料的非线性。再是施力不易均匀等。因此,静

态法只能用于对试样的测量精度要求不高的场合。

而采用准静态法测量  $d_{33}$  压电常数,既能达到谐振法中的精度,也能得到  $d_{33}$  值的极性,且操作更为简单,是目前测量  $d_{33}$  压电常数最为实用的一种方法。近年来国外文献上所发表的  $d_{33}$  数据绝大多数就是用准静态法测量得到的。我们经过三年多时间的努力,于一九八四年完成了准静态法  $d_{33}$  测量仪的研制工作,并在一九八五年供部分大专院校、科研单位及工厂使用。下面将研制的准静态法  $d_{33}$  测量仪作一简要介绍。

## 二、工作 原 理

原理图如图 1 所示。准静态法  $d_{33}$  测量仪在工作原理上采用的是比较法。被测试样与内部比较样品在力学上串联,被测试样与比较样品的两端分别并联一个相同容量的大电容(其数值要远大于样品电容),以满足恒定电场条件。被测试样与比较样品受到同一个低频交变力作用时,由于正压电效应在两个所并联的电容上产生交变电压,这两个交变电压的比值就是被测样品和比较样品的  $d_{33}$  比值,若比较样品的  $d_{33}$  值为已知,那么,被测试样的  $d_{33}$  值也就得到了,关系式如下:

$$d_{33\text{比较}} = Q/F = CV/F \quad (1)$$

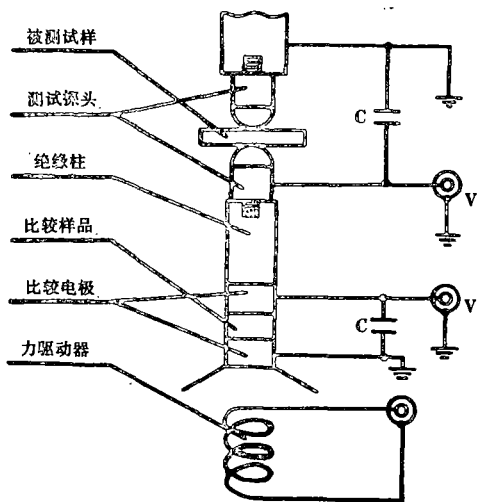


图1 准静态测试原理图

$$d_{33\text{被试}} = Q'/F' = C'V'/F' \quad (2)$$

由于  $C = C'$  (被测试样与比较样品两端并联的电容容量相同),  $F = F'$  (被测试样与比较样品力学上串联), 所以,

$$\frac{d_{33\text{被试}}}{d_{33\text{比较}}} = \frac{(C'V'/F')}{(CV/F)} = \frac{V'}{V} \quad (3)$$

即:

$$d_{33\text{被试}} = d_{33\text{比较}} V'/V = K(V'/V) \quad (4)$$

实际上采用标准样品来标定  $K$  系数则更为简单。我们选用的标准样品为  $\phi 6 \times 15$  的长圆柱, (长度至少大于直径的 2.5 倍, 以满足谐振法测量所要求的条件)。用谐振法测量、计算出该标准样品的  $d_{33}$  值, 将此值代入式 (4) 中等号左边, 而  $V'$  和  $V$  可直接测得, 因此, 可由已知的标准样品的  $d_{33}$  值来标定出  $K$  系数的大小。  $K$  系数一旦确定, 则任何一个被测试样的  $d_{33}$  值就都可得到了。

电路框图如图 2 所示。振荡器提供一个驱动电压送给施力装置来产生一个低频交变电压, 由正压电效应产生出的两路交变电压信号送前置放大器, 信号经放大后送同步检波器进行检波, 经检波后的两路直流信号送模拟除法器, 除

法器输出经标定后送  $3\frac{1}{2}$  位数字显示器直接显示被测试样的  $d_{33}$  值和极性。其中比较样品一路得到的直流信号, 经转换开关, 也可直接送给  $3\frac{1}{2}$  位数字显示器, 来反映出试样所受交变力的大小。

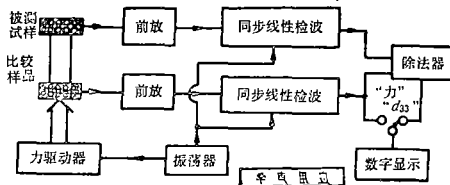


图2 电路框图

### 三、仪器概况

准静态法  $d_{33}$  测量仪由施力装置及电路装置两大部分构成。仪器 (ZJ-2 型) 的主要部件均采用进口集成电路, 整机可靠性好, 性能稳定; 是国内目前投入使用的唯一国产产品。我们曾与国外同类产品做过性能对比试验, 测量数据表明, 基本性能相似, 而本型测量范围较宽, 适用性较广, 时间稳定性较好。

### 四、结束语

准静态法测  $d_{33}$ , 是既精确又快速的方法。ZJ-2 型准静态  $d_{33}$  测量仪具有结构简单、操作方便、重复性好等优点。用本仪器测  $d_{33}$ , 测试探头与被测试样是点接触, 故各种形状试样都可测量, 且对试样表面无特殊要求, 就是从压电陶瓷上敲下的碎块, 也能测出其  $d_{33}$  值的大小。即使是无电极, 也可定性测量出该材料是否具有压电性能。因此, 该仪器也可用于天然压电晶矿的开发和勘探。