

# 通用微波测湿仪的研制

陈志荣

(湛江医学院)

目前在轻纺石油化工工业中,测量物质的含水量常用烘干失重法和蒸馏法。这种方法测量时间长,得出结果慢,不能及时指导生产,而且耗电量大,不利于节约能源。现介绍微波测量物质中含水量的新方法。介绍测量油类、药物与乙醇的方法和结果。这种方法在理化检验分析方面尚未引起注意。

## 1. 测湿工作原理<sup>[1,2]</sup>

当微波通过电介质物质时,由于物质的介电常数、介质损耗系数、比热、比重以及形状的不同,对微波的吸收、穿透和反射的性能也不一样。在比热、比重、形状相同的条件下,电介质物质对微波的吸收、穿透和反射性能主要决定于介电常数。含有水分的物质,其介电常数是复数  $\epsilon_c = \epsilon' - j\epsilon''$ 。其相应的损耗角正切为

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}$$

理论分析表明,把电介质置于微波电场中,单位体积介质材料中吸收微波功率  $P_0$  可表示为

$$P_0 = 2\pi f E^2 \epsilon'' \quad (1)$$

式中  $f$  是微波工作频率,  $E$  是电场强度,  $\epsilon''$  是介电常数的虚部。可见,介电常数的虚部  $\epsilon''$  是引起能量损耗的主要原因。吸收微波功率的大小还随频率和电场强度而改变。在其他条件相同的情况下,样品的含水量越多,其介电常数  $\epsilon'$  与  $\epsilon''$  越大,吸收微波的能量越多。这就是微波测湿的理论依据。水与其它介质材料的介电常数比较,无论是实部  $\epsilon'$  或虚部  $\epsilon''$  都大很多<sup>[2]</sup>。这就是微波测量物质的含水量灵敏度高的原因。在实际测湿过程中,并不需要测出介电常数,而是直接从实验得出湿度与衰减或者湿度与频率的关系曲线等。下面叙述我们研制的衰减式通用微波测湿仪电路。用此仪器

来测量液体、粉状、颗粒、纤维、纱线材料的含水量,灵敏度和精确度都很高,能满足技术要求。

## 2. 测试电路和方法

测试电路的原理如图 1 所示。本电路采用 3cm 波振荡器和方波调制器。电路中采用的隔离器的隔离度大于 20 dB,衰减器是为了保证微波输出功率为一恒定值,也就是保证电场强度  $E$  为一恒定值。精密衰减器的衰减量由被测样品吸收电场能量的大小决定,吸收能量越大,衰减量要求越大。精密衰减器的测量精确度越高,测量水分的精确度也越高。指示器采用微安表或测量放大器。定向耦合器是为了取出少量电磁波给波长计,以便测定频率。传感器由波导器件和特制的石英测试管组成。液体、粉末、颗粒、纤维状态的样品都可以装在管内进行测量。

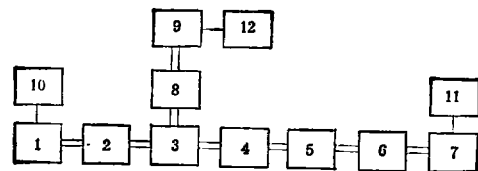


图 1 通用微波测湿仪方框图

- 1.微波振荡器; 2.隔离器; 3.定向耦合器; 4.衰减器; 5.传感器; 6.精密衰减器; 7.检波器; 8.波长计; 9.检波器; 10.调制器; 11.指示器; 12.微安表

采用代替衰减法进行测量。对于吸收能量比较多的物质(如乙醇),采用代替衰减法。先作出含水量(%)与衰减(dB)的定标曲线。测量时只测出衰减量(dB),然后根据定标曲线查出含水量。方法如下:开始测量时,将精密衰减器量程放在较大的位置,也就是使指示器(微安表)指示  $50\mu\text{A}$ (选定);放入测试样品后,

微安表减小,例如减小到  $30\mu\text{A}$ ; 调节精密衰减器,使其衰减量减少等于放入被测样品的衰减量,也就是使微安表由  $30\mu\text{A}$  指示到  $50\mu\text{A}$ 。测量含水量不同的一系列数值,这样就可以测出衰减量与含水量的定标曲线。在以后的测量中,在条件相同的情况下,只要测出衰减量,便可以根据定标曲线查出含水量。每一种介质材料都有一条含水量的定标曲线。故用我们研制的同一台测湿仪,可以测量液体、粉状、颗粒、纤维等各种物质的含水量。这是该仪器的最大的优点。设计测量范围较小的专用材料的水分测定仪时,可以取消精密衰减器,做成直接从指示器读出含水量百分比的数值。这就是将微安表的指示值标定为某物质的含水分值,或者做成数字式指示器。为了提高测量灵敏度,采用灵敏度较高的微安表或测量放大器作为指示器。

### 3. 试验结果

为了试验该装置的测试性能,从油库取 20 号航空机油、19 号压缩机油和 14 号轿车机油来试验。把机油加蒸馏水,配成含水分一定百分比的油,经混合后测量,测量的结果如图 2 中的曲线 1, 2, 3 所示。又到制药厂取饲料土霉素进行测量,测量结果如图 2 中的曲线 4 所示。用乙醇加蒸馏水,配成含水分一定百分比的乙

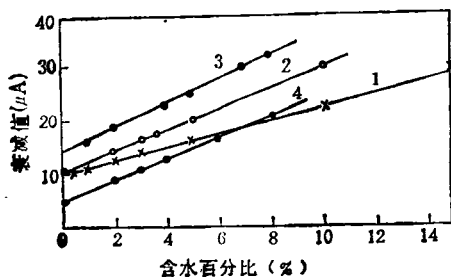


图 2 定标曲线

1. 20号航空机油; 2. 19号压缩机油;  
3. 14号轿车机油; 4. 饲料土霉素

醇,然后进行测试,测试结果如图 3 所示。测试工作频率均为  $9370\text{MHz}$ 。功率保持恒定不变。测量航空机油、压缩机油、轿车机油和饲料土霉素等吸收电场能量较小的材料,用微安表直接读出测量结果。测量乙醇的含水量,因微

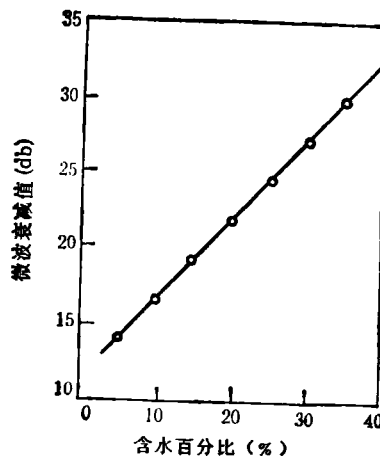


图 3 乙醇定标曲线

安表指示的读数范围不够,需要从检波器输出插孔外接测量放大器,用测量放大器作为零指示器,改变精密衰减器的衰减量,使衰减器减少的衰减量等于乙醇吸收电场能量后所损耗的衰减量。这就是代替衰减测量法。实验结果表明,含水分越多的物质,吸收微波电场能量越大。乙醇的介电常数 ( $\epsilon' = 4.6, \epsilon'' = 2.4$ ) 比机油和饲料土霉素(粉状)都大很多,因此乙醇吸收微波电场能量比机油和饲料土霉素要大很多。实验结果与理论是一致的。实验表明,用不同含水量的乙醇可以做成不同衰减量的波导负载;用微波可以区辨不同品种的机油。

本仪器的研制与试验是在 1981 年进行的。当时还对纤维纱线等其它物质的含水量进行过测量,都得到很满意的结果。上述的实验结果只是其中的几项。经有关单位的科技人员和领导认定,试验是成功的,精确度和测量重复性都能满足要求。当初设计时,考虑仪器的通用性较多,故采用的微波部件较多,由于微波器件价格较高,故仪器造价较贵。如果能根据使用单位的要求,做成单用性,则可以减少微波器件,降低造价,有利于微波测湿技术推广和节约能源。

[1] А. Г. Аренберг, Распространение Дециметровых и Сантиметровых Волн, Советское Радио, (1957), 51—52.  
[2] 徐得名,电子技术, No. 4(1979), 13.