

微波蚕茧测水仪

何伟方 林珍珠 朱聿邦 虞立信

(浙江丝绸工学院)

【提要】 本文论述用微波衰减法测定蚕茧含水仪器的测量和数字处理电路及其使用效果。

微波通过电介质时,它的幅度、频率和相位都将发生改变。通过测量上述三个参数的变化,就可测定出介质的含水率^[1~4]。我

们根据上述原理设计、制造了微波蚕茧测水仪,使用效果较好,介绍如下。

一、仪器组成

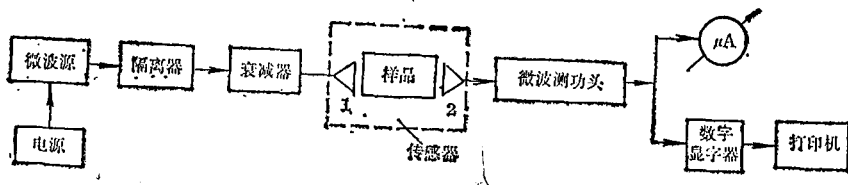


图1 微波测湿仪方框图

图1为整机方框图。波长3厘米的微波,经隔离器、衰减器,从发射喇叭1幅射出,通过传感器穿透样品后的微波由接收喇叭2接收,送至测功头,由电表指示或数字显示出结果。也可经计算机处理后,由打印机打印出结果。

1. 微波源:用“三厘米体效应振荡器”作微波源,振荡元件用WT521型微波体效应管。固体微波振荡腔采用四分之一波长同轴谐振腔直接转换为波导传输的形式。设计时,选定体效应管输出功率最大时的频率 f_m 所对应的腔体内径 D (=13毫米),芯直径 d (=4毫米,腔长 L [$=\lambda(2n-1)/4$],并采用不可调的结构,以达到稳定频率的作用。

2. 传感器:传感器由喇叭和料筒组成。

(1) 喇叭起过渡器的作用,为提高仪器灵敏度,要求它的方向系数 $Z > 100$ 。方向系数 $Z = 4\pi A/\lambda^2$, A 为喇叭的口径面积,因此必须加大喇叭口的面积,但它的面积又必须小于料筒的对应面积。我们选用的喇叭口径为 93×138 毫米,在短距离内,方向系数 $Z = 180$,

能满足对微波能量集束性的要求。为了减少反射,标准试验喇叭的张角用 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。

(2) 料筒用方形,为减少微波能量的振荡和散射,它的横向尺寸略大于喇叭的口径,它的深度应能使蚕茧保持一定的有效高度。这个高度要满足靠蚕茧本身自重对测量区域的蚕茧产生一恒定的压力,而使蚕茧的密度保持基本恒定;另一方面又要使测量时微波的漏失和边缘影响减至最小。料筒的长度,即测量样品的厚度,关系到微波经过样品后的衰减量。因微波衰减量决定于被穿透样品的绝对含水量,当被测物料的含水率一定时,此物料的绝对含水量就随样品厚度而增减。为使测量结果有较好的代表性,在微波功率足够大的情况下,料筒的长度越大越好。一般测试低湿度的样品,料筒需长些,测试高湿度的样品,料筒应短些。在微波功率不够大,则料筒长度应取微波在样品中半波长的整倍数,使样品反射引起的损失最小。

对一定的微波频率和各种不同被测物,

收稿日期:1986年8月16日。

需选定一个最佳的测量距离，即料筒长度，以提高仪器的灵敏度和分辨力。根据实验选用36厘米。

料筒用介电常数稳定，微波损耗少的5毫米铝板制成，以保证不变形，并紧固各连接处，以免发射喇叭和接收喇叭之间发生位移而引起测量的误差。

(3) 测功头和测试电路：测功头用热敏电阻式。它具有负温度系数，当电流通过电阻，吸收微波率时，温度升高，阻值下降。因此阻值的变化决定于微波功率的大小。

将热敏电阻垂直安置在波导短边的中

心，距离接收口半波长处，使其感应电流最大，电阻两端用 0.1μ 电容隔直流，并分别引至测量电阻的桥路中。波导上有调配活塞，使之达到阻抗匹配，使得微波功率尽可能全部为热敏元件所吸收。

热敏电阻的测阻用不平衡桥式电路进行。首先，在微波功率为零时，调节平衡。当微波功率加至测功头后， R_x 变化，电桥失衡，电表指示和功率相当，故从电表指示可读出功率。另外，用温度补偿电路来补偿由于环境温度变化的影响。测试电路见图2。

下面作一些定量分析。为了分析方便，

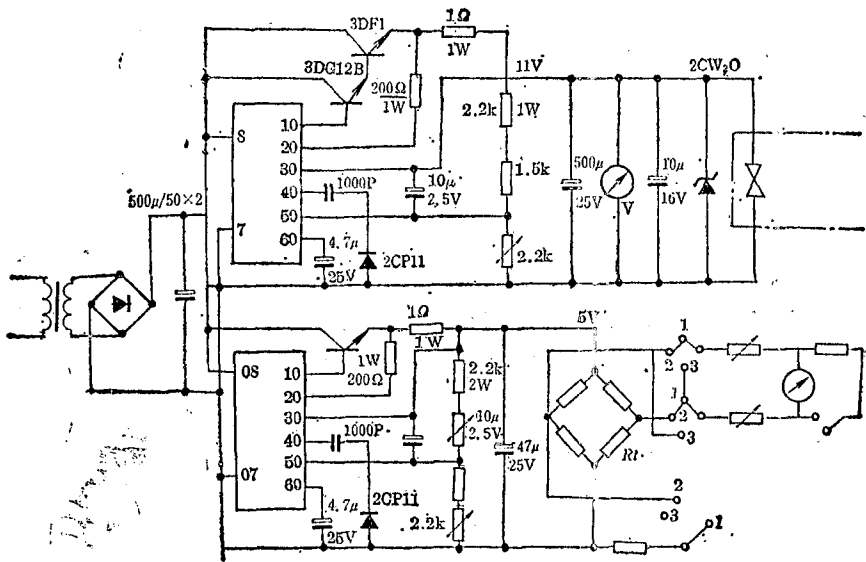


图2 测试电路图

1-校正；2-测量；3-调零。

假定三臂阻值均取 R_d ，微波热敏电阻的阻值为 R_x ，对角线上的等效电阻为 R_g ，则对角线电流*i*对功率*P*的变化率为：

$$\partial i / \partial P = [E / 4R_d(R_d + R_g)] (\partial R_x / \partial P)$$

又因电桥灵敏度

$$\partial i / \partial P = (\partial i / \partial g) (\partial g / \partial P)$$

由上述两式得：

$$\partial i / \partial \delta = [E / 4R_d(R_d + R_g)] (\partial R_x / \partial P) (\partial P / \partial \delta)$$

/∂δ)

再由实验结果得知，在一定范围内 $P = k_1\delta + C_1$, $R_x = k_2P + C_2$ (式中： K_1, C_1 为与被测

物温度有关的常数； K_2, C_2 为与热敏电阻特性和电路有关的常数； δ 为被测物水分(%)； P 为透过物料后的微波功率(mw)]

$$\text{所以，} \partial P / \partial \delta = K_1, \partial R_x / \partial P = K_2$$

$$\text{最后得到} \partial i / \partial P = K_1 K_2 E / 4R_d(R_d + R_g)$$

=K

用改变桥路电压方法，将电路调整到当 $\delta = \delta_0$ 时， $P = P_0$ ，桥路对角电流 $i = 0$ 。

$$i = \int_{\delta_0}^{\delta} K \cdot d\delta = K(\delta - \delta_0) = K \cdot \Delta\delta$$

则 $i = \Delta\delta \cdot K_1 K_2 E / 4R_d(R_d + R_g)$

由上式知：(1)桥路对角线电流 i 在一定范围内是水分变化量 $\Delta\delta$ 的线性函数；(2)要提高电桥灵敏度，必须提高 E ，选用功率变化率 $\partial R_x / \partial p$ 较大的微波热敏电阻，适当减小桥臂 R_d 和桥对角等效值 R_0 ，用低内阻微安表。

(4) 数据处理及显示：由微波水份传感器把蚕茧的含水量转换的直流电压信号，送入微处理机进行处理，直接获得含水率读数，从而充分发挥微波测湿快速、准确的优点。

仪器专用微处理机由 MCS-48 系列 8035 单片微处理机、程序存储器、模数转换器和接口电路等部分构成。系统结构见图 3。

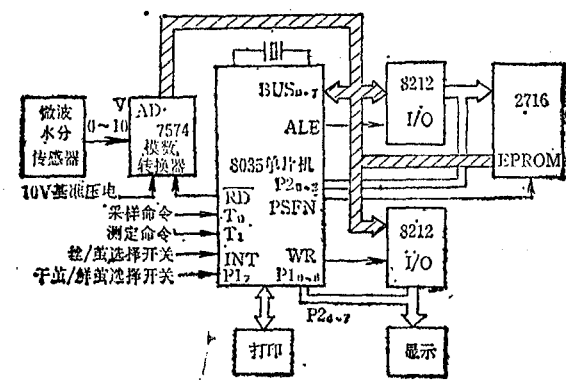


图3 微机系统结构图

8035 单片机内部包括 CPU、时钟、 64×8 RAM，定时器/计数器，一个 8 位总线通道和两个 8 位 I/O 通道。由于 8035 内部没有只读存储器，所以使用一片 $2K \times 8$ EPROM 2716 作为外接程序存储器，存放系统工作程序和定标曲线数据。8035 数据总线的地址信号由地址锁存信号 ALE 控制，经地址锁存器 8212 输出，作为 EPROM 2716 的低 8 位地址。2716 地址的高 3 位直接由 8035 I/O 端口 $PZ_0 \sim PZ_2$ 提供，不需锁存。8035 的外部程序存储器控制 PSEN 作为 2716 的输出允许信号。

微波水分传感器产生 0~10 伏直流电压信号，经过模拟—数字转换为数字量。本系统采用 8 位逐次逼近比较法的模数转换器 AD7574，它的内部包含比较器，三态缓冲输出，使用简便。本系统采用只读存储器工作

方式，由 8035 的 RD 信号线控制其工作。AD7574 的 8 位数据输出线直接与 8035 的数据总线相联。

仪器测得的含水率数值经显示电路显示，可由打印机打印出来。显示电路用 4 个 LED 数码管，一个用来指示仪器工作状态，三个指示含水率读数。为节省硬件，用动态扫描显示。8035 PI/O 端口的 $PZ_4 \sim PZ_7$ 四根输出线分别提供 4 个数码管的位选信号。显示字符段信号由一片八位 I/O 通道 8212 提供，8212 处于输出工作方式，由 8035 的 WR 信号控制其工作。用 DPA4131 微型打印机，打印机的动作均由软件控制。仪器设采样和测定两操作键，用 8035 的 T_0 和 T_1 输入线来检测这两键的状态。

二、测试情况

对仪器的性能进行了以下试验。

1. 分辨力：将不同含水率的蚕茧，用本仪器测量，记录不同含水率时 μA 表的指示值(含水率 16.2%， μA 表读数 7，15.1%，13.2%，24；11.8%，53；10.9%，> 1；10.2%，90；8.9%，121；7.7%，143)。图 4 为含水率与 μA 表读数对应曲线。

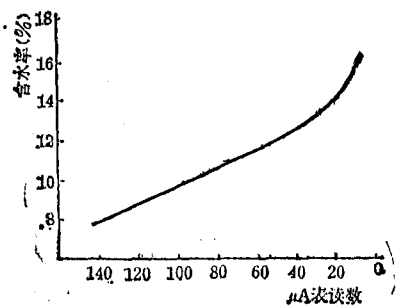


图4 含水率与 μA 表读数对应曲线

从实验结果可见，仪器的分辨力 $< 1\%$ 。

2. 重复性误差：见图 5。

从试验结果分析，该仪器的重复性误差在 1% (水份) 之内，完全适用于蚕茧测湿。

3. 试样的松紧程度：随手投入样品，测得 μA 表读数后，再在样品上加一定压力，发现 μA 表指针有所漂移，但幅度不大。这是由于

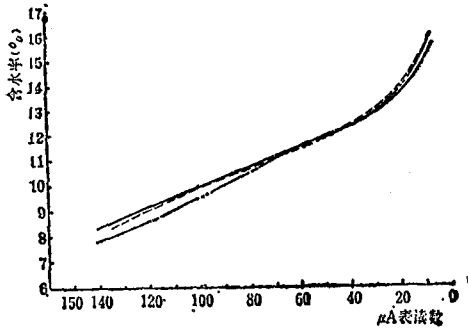


图5 μA表读数与含水率的关系曲线

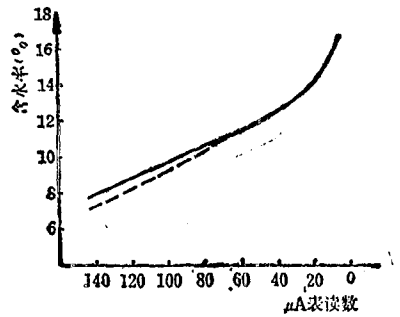


图6 试样加压后μA表读数漂移情况

于加压后, 样品在料箱中的密度增大, 即微波穿透部分的绝对含水量增加, 使吸收后功率减少, 影响 μA 表读数漂移; 另一方面, 因为蚕茧颗粒较大又是空心的, 且其中有蛹体, 加压后, 每一微小的位置改变, 也是造成 μA 表读数漂移的原因。我们根据概率分析, 在设计传感器的料筒时, 考虑将它的长

度加长, 使 μA 表读数漂移减至最小。图6是对试样加压后 μA 表读数漂移的情况。实线为未加压的情况, 虚线为加压后的漂移情况。可见, 在蚕茧含水量较高时(15%以上), 两曲线几乎是重合的, 这是因为衰减量增大时, 加压的影响就相对地减少了的缘故。

4. 不同地区、品种茧别试验: 见下表。

压口	茧别	品种	含水率 (%)			茧质情况	
			本仪器	烘箱	比较	每500克粒数	茧层率 (%)
文岑	春	杭7×杭8	10.9	10.9	0	668	48
常路	春	东肥×华合	10.9	10.5	+0.4	589	52
崇仁	春	东肥×华合	10.8	10	+0.8	647	49
万市	春	杭7×杭8	10.2	9.5	+0.7	591	50
东州	中秋	镇丰×苏春	10.7	10.4	+0.3	733	46
和睦	中秋	浙农×苏口	10.9	10.4	+0.5	892	45
临安	夏		9.9	9.8	+0.1	637	51
湖	春		11.3	11.6	-0.3	637	52

结果表明, 本仪器能适用于各地区、各茧别、各品种的干茧测试。

四、结束语

1. 由于蚕茧(包括蛹体)和水的介电常数相差较大, 因此含有不同水量的蚕茧的混合介电常数也不相同。而介质的介电常数又与微波状态的改变有密切的关系, 所以可利用微波状态的改变程度来测定蚕茧的含水率。

2. 应用微波衰减法设计的仪器测定干茧的含水率精度达 ± 1%, 能满足实际使用要求, 并有结构简单, 操作方便等优点。

3. 由于温度对测量有一定影响, 我们采用热敏电阻补偿予以解决, 基本上能符合实用要求。

本仪器稍经改变传感器后, 可应用于其他物质的水分测定。

(本仪器已于1984年12月通过技术鉴定。)

参考资料

- [1] 《微波能杂志》, 1968, 161.3, No.4. p. 194~200 (加)。
- [2] 《电子测量技术》, 1982, No. 3, p. 48, p. 55.
- [3] 《苏州丝绸工学院学报》, 1982, No. 1, p27.
- [4] 《苏州丝绸工学院学报》, 1982, No. 3. p.41.