

电容法测试刨花含水率的研究

何毅, 卢晓宁, 王志强, 杜袁成

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 研究了基于电容原理测定刨花含水率的方法。试验表明:在一定含水率范围内,刨花含水率与其电容值成一定函数关系,当 $5\% \leq MC < 25\%$ 时,含水率与电容值成指数关系;当 $25\% \leq MC < 150\%$ 时则成线性关系。同时,被测物的堆积面积、堆积厚度等对测量结果有一定影响,需加以修正。

关键词: 含水率; 电容; 刨花

中图分类号: TH873.7⁺¹

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2006)03-0014-03

Measuring Chip Moisture Content Based on Capacitance

HE Yi, LU Xiao-ning, WANG Zhi-qiang, DU Yuan-cheng

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The measurement of chip moisture content (MC), based on capacitance, was researched. The results from the experiments showed that with given conditions there would be some functional relations between the MC of the chips and the value of their capacitance that were exponential when $5\% \leq MC < 25\%$ and were linear when $25\% \leq MC < 150\%$. At these conditions the chip MC could be measured through its capacitance. Models also included chip length, width, and thickness as these had some effect on coefficients that were included as correction factors.

Key words: moisture content (MC); capacitance; chip

目前,木材工业生产中通常使用的含水率测试仪,其原理多数是基于测量木材的电阻值,简单方便。但由于难以形成连续测试,且不能对松散物料,如纤维、刨花及其板坯等进行测量,使用范围受到了较大的限制。

人造板生产中往往需要在线检测含水率,以判定被测物料是否处于“最佳干燥”状态^[1]。连续式测试含水率的方法通常有:红外线、微波、射线和电容等方法。其中红外线由于其穿透力不强,仅能测量薄板或物体表面的含水率;微波和射线是按水分吸收功率判断水分的含量,穿透力较强,但由于有辐射的影响,使其应用受到了很大的限制。

根据被测介质电容的变化来测定其含水率,是基于水的相对介电常数为 81,而纤维、刨花和木材中其他成分的相对介电常数则很小。在一定含水率范围

内,被测介质的电容量变化主要取决于其中的水分变化。利用纤维、刨花和木材的介电常数随含水率的增加而增加的特性^[2],可以通过测量纤维、刨花和木材的电容,从而测定其含水率。本文旨在对刨花电容变化率与含水率之间的关系进行测定,为实现刨花的连续式含水率测试提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 仪器

测量电容采用 QBG-3 型高频 Q 表。电容器的两极板为 200 mm × 250 mm 印制电路板,极板间高度为 30 mm;测试频率为 150~450 kHz。

1.2 材料

以刨花为研究主体,以单板和实木为参照对比。

① 杨木(*Populus deltoides*)单板:厚度 1.2~

2.1 mm;

② 杨木实木;

③ 刨花(未施胶),目数为-16~+32,堆积面积

收稿日期: 2005-09-02; 修改稿: 2006-04-29

作者简介: 何毅(1969—),男,南京林业大学博士研究生。

通讯作者: 卢晓宁,南京林业大学教授,博士生导师。

$S=18\text{ cm}\times 18\text{ cm}=324\text{ cm}^2$,堆积厚度 $t=1.8\text{ cm}$,绝干堆积密度为 0.11 g/cm^3 。

2 试验结果与分析

2.1 刨花含水率与其电容值关系

木材的含水率与其介电常数呈指数关系^[2-4],刨花含水率与其电容值也呈指数关系。图 1 反映了刨花与单板的电容值的差异,单板与刨花电容值的变化趋势曲线形状非常相似,可认为是平移关系。换言之,随着刨花尺寸的增大,其电容值也有所减小(见表 1)。这可能是刨花尺寸变小时,由不均匀介质引起的界面极化起了较大的作用。显然,单板的电容值接近与实木的电容值。考虑到这一现象,预测刨花尺寸变化时,设定对刨花的电容变化影响最大在 1 pF 左右。

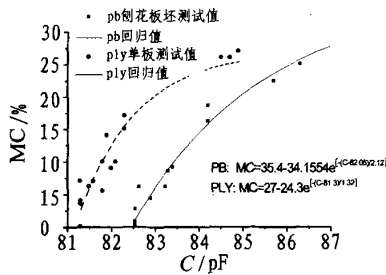


图 1 刨花、单板的含水率与其电容值的关系
Fig. 1 Relationship between MC and capacitance value for chip and veneer

表 1 相同含水率时不同形式木材的电容值
Tab. 1 The capacitance value of lumber, veneer and chip mat under same MC

材料类型	电容值/pF	含水率/%
板材	81.45	6.0
单板	81.50	6.2
刨花	82.55	6.0

高含水率时,刨花的电容值测试结果见图 2。从图 1、2 可以看出,当刨花含水率低于 5% 时,电容值

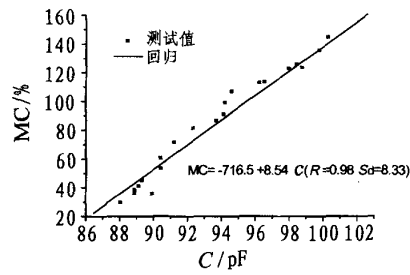


图 2 刨花高含水率与其电容值的关系
Fig. 2 Relationship between chip mat with high MC and capacitance value

变化不大,敏感性不强;当刨花含水率大于 25% 时,含水率与其电容值呈线性关系。因此,在实际应用中,应根据含水率 MC 的不同范围,分段建立方程:

当 $MC<5\%$ 时:无适应方程
 $5\%\leq MC<25\%$ 时:

$$MC_a = 35.4 - 34.1554 e^{[-(C-82.55)/2.12]} \tag{1}$$

$25\%\leq MC<150\%$ 时:

$$MC_b = -716.5 + 8.54 C \tag{2}$$

式中: C —电容值, pF
2.2 修正系数确定和方程验证

被测介质的面积、厚度、密度和温度等因素,对测量结果有一定的影响,需加以修正。

2.2.1 修正系数确定 设不同堆积面积和厚度时,刨花含水率和刨花电容值的关系为:

$$MC = MC_a \times K_1 \times K_2 \tag{3}$$

式中: MC_a —标定条件下的刨花含水率与电容值的关系;

K_1 —堆积厚度修正系数, $K_1 = C_{t1}/C_{t0}$;
 K_2 —堆积面积修正系数, $K_2 = C_s/C_{s0}$ 。
刨花电容值 C 与其堆积厚度 t 的关系见图 3。

C_{t1} 为厚度变化回归值。在给定刨花堆积面积 $S=18\text{ cm}\times 18\text{ cm}$ 、 $MC=23.6\%$ (实测数据的平均值)的条件下:

$$C_{t1} = 81.90 + 1.57t \tag{4}$$

C_{t0} 由标定方程 1 给出。当刨花堆积厚度 $t_0=1.8\text{ cm}$ 、 $MC=23.6\%$ 时,代入方程 1 得: $C_{t0}=84.77$ 。
将 $t_0=1.8$ 代入方程 4,可以验证得: $C_{t1}=84.72$ 。

因此, $K_1 = 0.966 + 0.018 t$ 。 $\tag{5}$

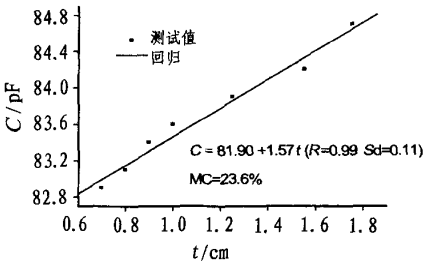


图 3 电容与刨花堆积厚度变化的关系
Fig. 3 Relationship between capacitance value and thickness of formed chip mat

刨花电容值 C 与其堆积面积 S 的关系见图 4。
 C_s 为面积变化回归值,在给定 $MC=19.1\%$ 、堆积厚度 $t=1.6\text{ cm}$ 的条件下:

$$C_s = 81.70 + 0.005 S \tag{6}$$

C_{s0} 由标定方程 1 和方程 5 给出,当 $t=1.6\text{ cm}$ 、

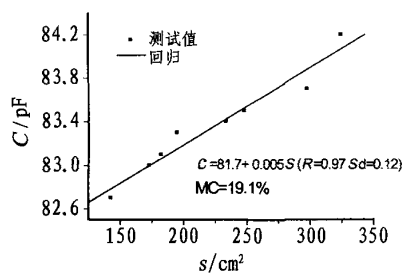


图4 电容与刨花堆积面积变化的关系
Fig. 4 Relationship between capacitance value and size of formed chip mat

$K_1=0.992$,取方程 6 中的相同含水率 $MC=19.1\%$,代入方程 1 得, $C_{x0}=84.19$;将 $S=1.8$ 代入方程 5,可以验证得: $C_s=83.32$ 。

因此, $K_2=0.978+0.00006 S$ 。(7)

2.2.2 方程验证

- 试验步骤
- 1) 将刨花于水中浸泡若干小时,取出晾干;
 - 2) 调节高频 Q 表,测量被测物的电容;
 - 3) 测量后,将被测物放入烘箱(103 ± 2)℃烘数分钟,取出冷却至室温;
 - 4) 再测量,然后重复(2)和(3)的操作,直至被测刨花达到绝干,质量不再发生变化;
 - 5) 根据被测刨花的绝干质量,分别计算出各次测量时刨花的含水率。

数据验证 当刨花实际含水率在 $25\%\leq MC<150\%$ 、 $5\%\leq MC<25\%$ 时,分别运用方程 2、3,对试验数据进行预测,结果列于表 2 和表 3。

表 2 刨花实际含水率(35%~70%)对方程 2 的验证结果
Tab. 2 The datum tested from equation 2

电容值/pF	实际含水率/%	方程预测含水率/%	相对误差/%
92	64.7	69	-6.6
91	54.8	60	-9.5
90	50.1	52	-3.8
89	44.9	43	4.2
88	37.6	35	6.9
87.5	33.9	30	11.5
87.2	30.3	28	7.6
87.8	31.0	33	-6.5
88.0	36.0	35	2.8

注 1: 含水率相对误差=(实际值-方程预测值)/实际值×100%。
注 2: 刨花堆积高度为 1.5 cm, 堆积面积为 324 cm²。

由表2和表3可见,电容法能够比较准确地测量

表 3 刨花实际含水率(15%~18.5%)对方程 3 的验证结果
Tab. 3 The datum tested from equation 3

电容值/ pF	刨花堆积形态		刨花含水 率/%	方程预测 含水率/%	相对误差/ %
	高度/cm	面积/cm²			
84.2	1.6	324.00	18.5	19.22	-3.9
83.7	1.2	240.25	15.0	15.03	-0.2
83.5	1.6	193.75	14.0	13.22	5.5
83.2	1.2	179.20	9.0	9.92	-10.3
85.25	1.5	179.00	24.0	25.12	-4.7
84.7	1.3	324.00	23.0	22.31	3.0
84.8	1.2	168.00	22.0	22.80	-3.6
84.5	1.2	324.00	21.0	21.00	-0.4
84.5	0.9	139.24	20.0	20.94	-4.7
83.6	0.9	324.00	14.0	14.03	-0.3
83.4	0.7	112.36	12.5	11.99	4.0
83.2	0.6	93.28	9.0	9.81	-9.0
82.9	0.5	77.44	5.0	6.14	-22.9

刨花的含水率,一般误差可以控制在 10% 以下。不过必须注意,不同的刨花含水率范围所运用的方程不同。从实际应用出发,对刨花电容量的变化改变运用方程,在计算机程序中非常简单、易实现。刨花的电容测量值随着刨花含水率的增大而增加,同时,也随刨花的堆积面积、堆积厚度的增加而增大。在实际运用中,可将刨花的堆积面积设为常数,消除堆积面积的变化给测量带来的影响,使问题简化。

3 结论

当刨花含水率低于 5% 时,电容变化不大,敏感性不强,很难用电容法测定含水率。
当刨花含水率为 5%~25% 范围内,含水率与电容值成指数关系;当刨花含水率在 25%~150% 范围内,含水率与电容值成线性关系。

被测物的堆积面积、堆积厚度对测量结果有一定的影响,需加以修正。

随着刨花尺寸的增加,其电容具有趋向单板和实木电容的特性。

参考文献:

[1] Richard F. Baldwin. Plywood Manufacturing Practices [M]. Miller Freeman Publications, Inc, 500 Howard Street, San Francisco, California 94105, USA. 1981.
[2] 李坚. 木材科学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
[3] 尹恩慈. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
[4] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985.

(责任编辑 姜征)