

马尾松木材介电性质的测试※

白同仁 陈 森 曾其蕴

摘 要

本研究提供了马尾松木材在射频下不同频率、不同含水率及不同纹理方向的介电常数、介质损耗角正切、介质指数及电阻率对数的试验结果。这对进一步了解马尾松木材的材性及其利用有重要的参考意义。

前 言

马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)是我国的重要用材树种之一,在建筑、桥梁、枕木、矿柱、电杆、桩木和家具等方面广泛应用。

研究马尾松木材的介电性质,主要就是研究它的介电常数、损耗角正切、介质指数及电阻率等与电场频率、木材含水率、纹理方向及其他因子的关系。通过这些研究,进一步了解其基本特性,为更科学地、充分地使用木材提供依据。弄清木材的介电性质,对于应用电器技术测量木材含水率、密度,诊断树木及木材的病腐情况,以及木材电热干燥和改性处理等更是必要的基础资料。

一、试材及试验方法

试验用马尾松样木3株,每株自伐根起至树高4米处的木段作试验用材,每段又截成1米长的4小段。自树基部起编号为1、2、3、4,取其中1、3两小段作为交流电性质测定用。

试材经气干后,制成厚度为0.3厘米,直径为4.9厘米的圆形试件。试件厚度分别按试材之弦向、径向及纵向制作,每10个试

件为一组,分别放于恒温恒湿室内,待其达到所要求的平衡含水率后才进行电性能测试。电性能测试是在室温下进行,并尽可能使每次测试的室温相接近。

测试用QBC—3型高频Q表配合自制的测微电极,其基本原理及测试方法,参考李先泽的报告⁽²⁾、《木材学》⁽¹⁾及绝缘材料通用电性能试验方法(JB 903—66)⁽³⁾。试验采用500千赫及5、15和25兆赫4种频率。按下列方程计算介电常数 ϵ 、介质损耗角正切 $\lg\delta$ 、损耗指数 ϵ'' 和电阻率对数 $\lg\rho$:

$$\epsilon = 1 + \frac{14.4d(C_1 - C_2)}{D^2} \quad (1)$$

$$\lg\delta = \frac{814.4dC_0}{\epsilon D^2} \left(\frac{1}{Q} - \frac{1}{Q} \right) \quad (2)$$

$$\epsilon'' = \epsilon \lg\delta \quad (3)$$

$$\rho = \frac{1.8 \times 10^{12}}{f \epsilon \lg\delta} \quad (4)$$

式中:

ϵ —介电常数

$\lg\delta$ —损耗角正切

ϵ'' —介质损耗指数

ρ —电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)

d —测量电极间的距离 (cm)

C —两极间的电容 (PF)

D —圆形电极的直径 (cm)

※ 参加工作的尚有朱玉兰、徐青和王瑜等同志。

Q—介质电容器的Q值
f—频率 (Hz)

每组测定的试样10个，试验结果取其算术平均值。

表 1 马尾松木材介电性质*

频率 f (Hz)	纹理 方向	介电常数 ϵ			损耗角正切 $\tan\delta$			损耗指数 ϵ''			电阻率对数 $\lg\rho$		
		W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3
500K	t	1.940	3.026	4.914	0.025	0.046	0.281	0.049	0.139	1.381	7.887	7.430	6.503
	r	1.998	3.335	4.991	0.025	0.051	0.284	0.050	0.170	1.417	7.859	7.263	6.438
	l	2.727	5.082	8.127	0.051	0.071	0.327	0.139	0.361	2.658	7.415	7.011	6.154
5M	t	1.805	2.646	3.943	0.035	0.053	0.110	0.063	0.140	0.434	6.763	6.410	5.926
	r	1.847	2.819	4.184	0.035	0.060	0.132	0.065	0.169	0.552	6.749	6.343	5.821
	l	2.398	4.267	6.576	0.066	0.079	0.158	0.158	0.337	1.039	6.327	6.034	5.567
15M	t	1.646	2.402	3.377	0.032	0.062	0.070	0.053	0.149	0.236	6.369	5.912	5.767
	r	1.679	2.555	3.444	0.030	0.062	0.068	0.050	0.158	0.234	6.373	5.887	5.721
	l	2.200	3.858	5.866	0.058	0.081	0.086	0.128	0.312	0.504	6.080	5.581	5.444
25M	t	1.699	2.448	3.483	0.028	0.057	0.068	0.048	0.140	0.237	6.161	5.718	5.486
	r	1.764	2.599	3.692	0.028	0.059	0.069	0.049	0.153	0.255	6.168	5.685	5.461
	l	2.257	3.914	5.768	0.063	0.088	0.139	0.142	0.344	0.802	5.714	5.334	5.143

※ W₁试样含水率约1—2%，W₂含水率1.0±2%，W₃含水率20±2%，
t、r、l分别代表木材试样的弦向、径向和纵向。

二、试验结果和讨论

马尾松木材在不同频率、不同含水率和不同纹理方向的介电常数、介电损耗角正切、介质损耗指数和电阻率对数的试验结果如表1及图1、2、3。

1. 介电常数

木材的介电常数 ϵ 是表征木材在交流电场下介质极化程度和储存电能的能力的一个量。介电常数愈小，绝缘性能愈好。

从表1及图1可以看出，马尾松木材的介电常数 ϵ 与电场频率f，木材纹理方向及木材含水率等有关。

在试验的频率范围内，一般说来，马尾松木材的介电常数随频率的增加而减小。但是木材含水率愈低，介电常数受频率的影响愈小，曲线较平缓；含水率在20%左右时的介电常数随频率变化的曲线比含水率为10%左右和1%左右时的明显，尤其是频率小于

15兆赫前更是如此。

马尾松木材三个纹理方向（径、弦和纵）的介电常数有一定的变异。电场方向与木材纹理方向垂直时（木材的径面或弦面）测得的介电常数小于平行（纵向）时测得的介电常数；而径向和弦向的介电常数差异不大，或有时径向的略大于弦向。也就是说，如果电场频率和木材含水率等相同时，木材介电常数与木材纹理方向的关系可按下述顺序减少，即 $\epsilon_t > \epsilon_r \geq \epsilon_l$ 。这清楚表明，木材介电常数与木材构造有关。Misato Norimoto(5)指出，介电常数在木材不同切面上的差异，主要取决于木材微纤丝角、细胞壁组分、细胞排列等有关。

木材含水率对介电常数的影响，超过所有其它因子对介电常数的影响。在一定的频率下，在测定的三个方向中，均能明显地看出（图1）马尾松木材介电常数随含水率的增高而增大。绝干木材其介电常数约为2，

如果木材吸收水分，介电常数急速增加。这一性质对设计和应用电测木材含水率时是有利的。一些研究^[1]曾指出，频率相同时，所有木材的介电常数均随含水率的增加而增加，特别是在纤维饱和点以上，介电常数与含水率成直线关系；在纤维饱和点以下，可用线性方程表示。介电常数与含水率的关系常用多层水分子理论来说明。当木材含水率在5-8%以下时，在细胞壁内的水分子以单分子层形式吸附于细胞壁表面的情况下，介电常数随含水率的增加非常小，接近于绝干材横向的介电常数。含水率在此以上至纤维饱和点范围内，细胞壁内水分子层次逐渐增

多，介电常数随含水率呈指数函数形式增加。这种增加，一方面在于水分子的介电常数大，从而增加了整个材料的介电常数值，另一方面是水分渗入木材中增加了木材内离子的极化作用。

2. 损耗角正切及损耗指数

介电损耗是表示在正弦交流电压下介质损耗有功功率的大小，它可用介质损耗角正切 $\text{tg}\delta$ ，或损耗指数 ϵ'' 来表示。我国过去用 $\text{tg}\delta$ 比较普遍，不大用 ϵ'' ，但目前在国际上普遍使用 ϵ'' 。为便于技术交流，本文也作一些分析介绍。

介质损耗角正切 $\text{tg}\delta$ ，是外施电压与通过试样的电流之间的相位差角的余弦正切。损耗指数 ϵ'' 是介质损耗角正切与介电常数的乘积，用公式表示为：

$$\epsilon'' = \epsilon \cdot \text{tg}\delta$$

根据马尾松木材的损耗角正切及损耗指

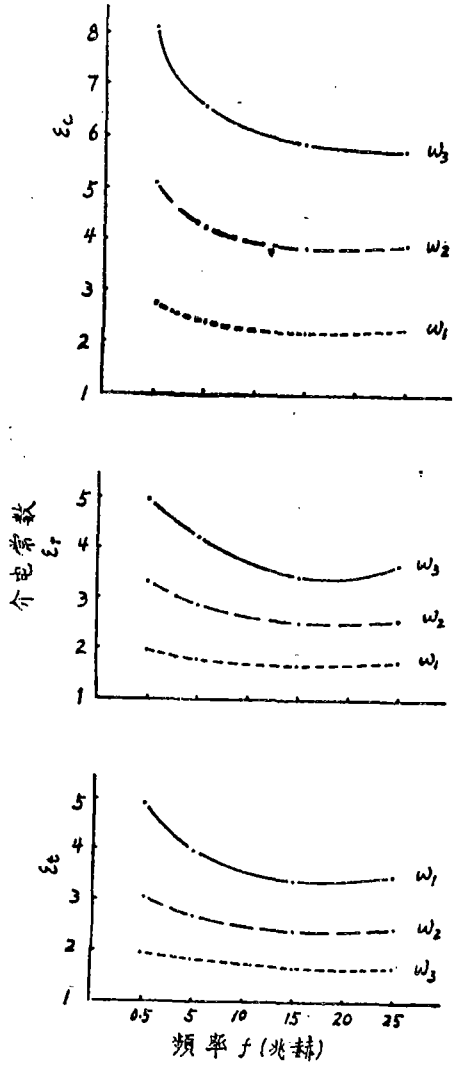


图1 马尾松木材介电常数(ϵ)与频率(f)的关系

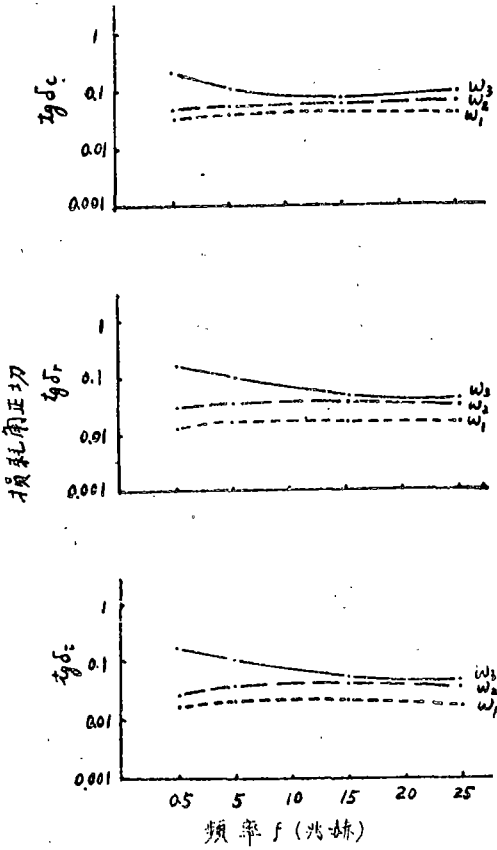


图2 损耗角正切($\text{tg}\delta$)与频率(f)的关系

数的试验结果(表1及图2),当木材含水率较高时(如W3),频率对介质损耗角正切的影响较为明显,一般随频率的增加,介质损耗角正切减小;但当木材在绝干及含水率很低时(如W1和W2),频率对介质损耗角正切影响很小,曲线平缓。

试验结果(图2)表明,频率相同时,介质损耗角正切与木材含水率有关,含水率增加介质损耗角正切增大,但是在绝干和含水率较低(气干)范围内,损耗角正切的增加较缓慢。

马尾松木材不同纹理方向所测得的介质损耗角正切和损耗指数是纵向的大于径向及弦向,而径向与弦向的没有明显差异。

3. 射频电阻率

从上述射频电阻率的计算公式中可以看

出,电阻率与频率,介电常数和损耗角正切成反比。表1及图3说明,在三个不同纹理方向中,频率大约小于5兆赫时,频率对电阻率的影响比较明显,随频率的增加射频电阻率减小比较明显;当频率大于5赫时,频率对电阻率的影响很微小,曲线比较平缓。

在一定频率下,木材的介电常数和损耗角正切受木材含水率的影响,因而木材含水率对电阻率也有明显的影响,马尾松木材射频电阻率随着木材含水率的增加而减小(表1)。然而Brown(4)曾指出这种减小在射频下与直流电的情况不同,如在射频下花旗松木材从绝干到含水率7%时,电阻率减小只是微小的,而在相同含水率范围内其直流电阻率减小很多,射频下电阻率的减小与之相比几乎可以忽略不计。马尾松木材与这种情况相类似。

马尾松木材纵向的射频电阻率略小于径向和弦向,而径向和弦向的电阻率差异则不大。

参考文献

(1) 成俊卿主编, 1985, 《木材学》。中国林业出版社。
(2) 李先译, 1964, 射频下木材的介电质性。林业科学9(3): 233—245。
(3) 第一机械工业部, 1967, 《绝缘材料通用电性能试验方法》(JB 903—66)。
(4) Brown, H. P. et al., 1952, "Textbook of Wood Tehnology" Vol. II McGraw-Hill Book Company. New York.
(5) Norimoto, M., 1976, Dielectric properties of wood. Wood Research 3: 106-151.

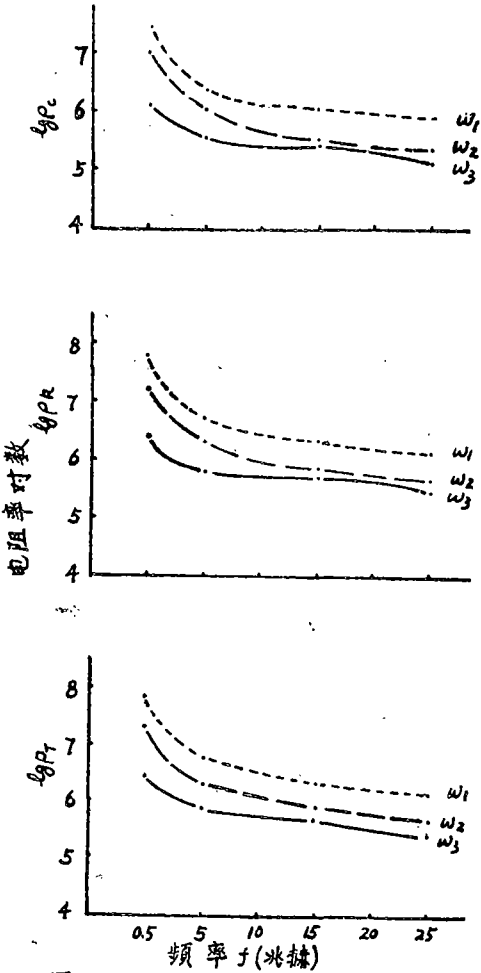


图3 电阻率对数(lg p)与频率(f)的关系

糖蜜甘蔗渣刨花板

陈士英

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

糖蜜被加热后转化成能与木材反应或聚合的物质,它使木材刨花互相结合。糖蜜能代替酚醛胶制造耐水刨花板。制造刨花板时适宜的热压温度为200—260℃,热压时间为8—12分钟。如果热压温度保持在237℃不变,当热压时间从8分钟增加到12分钟时,2小时水煮吸水厚度膨胀率从18.5%降低到10.2%。如果热压时间保持8分钟不变,当热压温度从200℃增加到260℃时,2小时水煮吸水厚度膨胀率从50.5%降低到5.7%。

一、前言

甘蔗渣是制糖厂“废料”。长期以来,大多数甘蔗渣用作燃料,仅少量蔗渣用于造

纸、纤维板和刨花板生产。由于甘蔗因产地、收割季节、制糖工艺等不同,甘蔗渣的化学成分也不同。广东省东莞糖厂甘蔗渣的化学成份如表1和表2^[1]。

The Determination of the Dielectric Properties of Masson Pine Wood

ABSTRACT

This report presents the results of the experiments on the wood of *Pinus massoniana* by indicators like dielectric constant, dielectric Phase angle, dielectric index number and resistivity artificial number of wood under different fibre directions, radio frequency ranges and moisture contents. It holds a great importance in understanding better the properties and uses of this tree species in wood industry.