

高频对8种泡桐木材介电性质的影响

陈 森

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

本文研究了高频电场中频率与8种泡桐木材介电性质的关系;泡桐木材结构对介电性质的影响。得出频率变化对泡桐木材介电常数、电阻率影响很小,对功率损耗角影响较大;密度对泡桐木材介电性质影响不大。建议在高频加热技术的应用中,利用木材功率损耗角极大值和极小值的频率,以达到良好的加工和节能效果。

一、引 言

泡桐木材为我国轻软木材中材质较优、用途较广、利用历史最久的树种之一⁽¹⁾,本研究报告对此树种木材的高频干燥、高频胶合及高频指接技术的应用提供了基础依据。

过去,虽有关于木材介电性质随频率的变化而变化的研究,其着重点是频率与介电性质的基本关系。木材工业上所允许应用的频率大都在1 MHz~25 MHz之间,在此区间内对木材的介电性质随频率变化而变化规律的深入研究尚少,本文排除含水率及其它因素的影响,着重此区间中泡桐木材介电性质与频率相互关系进行深入研究,为选择干燥和加热泡桐的高频干燥设备的频率提供了参考依据。

二、试验材料及测量方法

1. 试样:试样取自8种树种:(1)南方泡桐 [*Paulownia australis*], (2)楸叶泡桐 [*P. catalpifolia*], (3)兰考泡桐 [*P. elongata*], (4)川泡桐 [*P. far-gesii*], (5)泡桐 [*P. fortunei*], (6)光泡桐

[*P. tomentosa* Var. *tsinlingensis*], (7)毛泡桐 [*P. tomentosa*], (8)台湾泡桐 [*P. kawakamii*].

分别沿纵向、径向、弦向取试样,试件为表面光滑、直径50毫米、厚度3毫米的圆柱体。

2. 试验方法:

用电容式电极配合QBG—3型高频Q表,分别测出各试件Q值,用以下公式计算出 ϵ 、 $\text{tg}\delta$ 及 γ ⁽²⁾。

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

$$\text{tg}\delta = \frac{14.4dC_0}{\epsilon D^2} \left(\frac{1}{Q_2} - \frac{1}{Q_1} \right)$$

$$\gamma = \frac{f\epsilon \text{tg}\delta}{1.8} \times 10^{-2}$$

式中:

ϵ ——介电常数

$\text{tg}\delta$ ——功率损耗角正切

γ ——电阻率 ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$)

C_1 ——空气介质电容值 (PF)

C_2 ——试件介质电容值 (PF)

C_0 ——仪器校正电容值 (PF)

f——频率(Hz)
d——试样厚度(毫米)
D——试样直径(毫米)
 Q_1 ——空气介质Q值
 Q_2 ——木材介质Q值

将试件干燥至绝干状态,在温度17℃~18℃下,用不同频率(0.1KHz~25MHz)进行测试。

三、实验结果及讨论

(一)泡桐木材结构对其介电性质的影响

1. 密度的影响

由图1、图2可知,在泡桐材的密度范围内(0.25~0.33)^[1],介电常数、电阻率对数随密度变化而变化的差异很小(约为0.1)、与电阻率对数值约9.5、介电常数约1.5相比是很小,曲线几乎呈水平,故密度对介电常数和电阻率影响可忽略不计。

由表1所得的结果与图1,图2略有不同,纵向、径向、弦向功率损耗角正切值随密度变化而略显不规则变化,没有显著的线性关系,纵、径、弦向的变化差异值分别为0.015、0.008、0.013,此值相对纵、径、弦向的功率损耗角正切的数值来说,影响是较显著的。

表1 密度对功率损耗角正切的影响

ρ	0.26	0.28	0.28	0.29	0.32	0.32	0.32	0.33
$\text{tg}\delta$								
L	0.041	0.031	0.043	0.041	0.046	0.039	0.041	0.041
T	0.015	0.012	0.022	0.020	0.025	0.020	0.023	0.022
R	0.023	0.016	0.020	0.022	0.023	0.020	0.022	0.024

注:表中数值为八种泡桐的平均值

2. 纹理方向对介电性质的影响

由图3、图4比较可得出与其它树种(马尾松)相同的实验结果,同频率下泡桐木材的介电常数纵向大于弦向和径向,差异值约为0.3~0.4;纵向的功率损耗角正切大

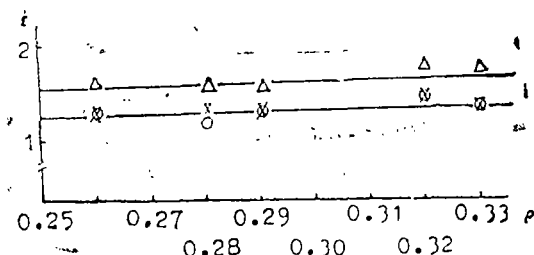


图1 密度对介电常数的影响

Δ——纵向;○——径向;×——弦向。

(图中取值为8种泡桐的平均值,下同)

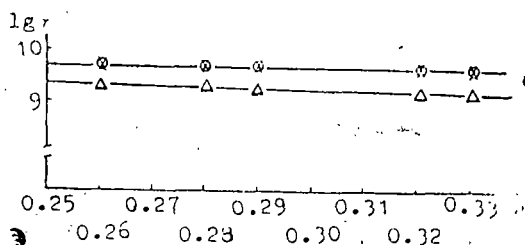


图2 密度对电阻率的影响

于径向和弦向,差异值约为0.021;电阻率则是纵向小于径向和弦向,差值约为10倍。径、弦两向介电常数、电阻率及功率损耗角正切值相差很小,曲线几乎是重合的。泡桐木材这一试验结果与马尾松木材^[3]及其它树种相似,因此,在使用高频设备加热木材时,板材大都是径、弦向材,可不考虑径、弦两向介电性质的差异。

(二)频率对介电性质影响

由图3可知泡桐木材介电常数在三个纹理方向上都是随频率增加略为减小,在频率100千赫~25兆赫之间,其差异值约为0.1~0.2;泡桐木材的导电性相对于频率是较稳定的,0.1~0.2的差异在高频设备应用中可以不考虑。

由图4可知电阻率随着频率增加而减小,在频率100千赫——5兆赫之间,电阻率减小较快,在5兆赫—25兆赫之间,电阻率减小的趋势变缓。高频加热设备通常使用的频率都在5兆赫之上,故此,在实际应用中,可以认为泡桐木材电阻率受频率影响很小,

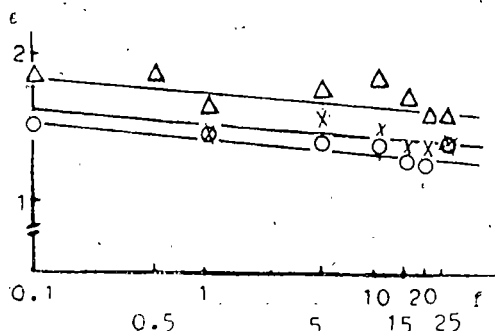


图3 频率对介电常数的影响

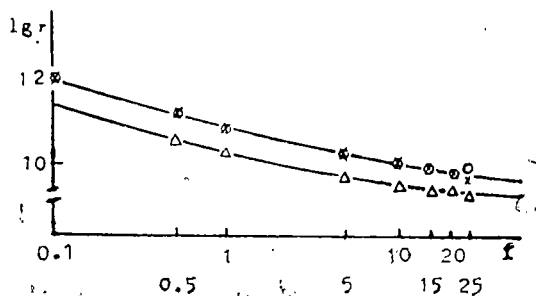


图4 频率—电阻率对数曲线

表2 八种泡桐木材频率损耗角正切线性

回归方程系数表

系数	树种 纹理	光泡 桐	兰考 泡桐	川泡 桐	毛泡 桐	泡桐	台湾 泡桐	楸叶 泡桐	南方 泡桐
a_0 10^{-2}	T	2.18	1.62	1.39	1.76	1.74	1.47	1.45	1.35
	R	1.67	1.52	1.51	1.51	1.56	1.77	1.50	1.55
	L	3.67	3.20	3.23	3.16	3.10	3.24		3.39
a_1 10^{-3}	T	1.35	0.11	0.12	1.27	2.29	3.11	2.88	2.64
	R	2.11	6.33	1.38	2.60	2.21	2.73	2.56	2.41
	L	2.99	7.02	2.18	4.62	5.04	5.03		2.80
a_2 10^{-4}	T	1.09	0.22	0.56	0.74	1.98	3.35	2.70	2.19
	R	1.65	6.52	0.86	2.27	2.02	3.03	2.66	2.04
	L	2.30	6.21	1.38	4.26	4.53	5.33		2.13
a_3 10^{-6}	T	2.31	0.39	1.94	1.01	4.34	9.39	6.25	4.85
	R	3.51	1.39	1.38	5.43	4.65	8.67	6.36	4.49
	L	4.75	0.82	2.31	10.78	10.50	14.45		4.26
显著水平	T	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	R	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	L	1%	1%	1%	1%	1%	1%		1%

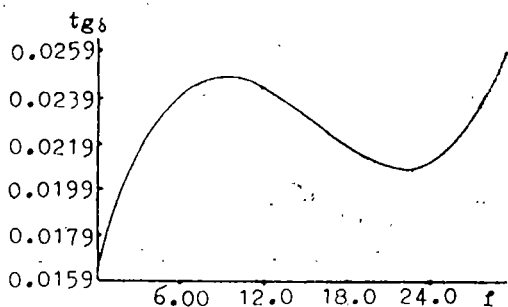
可以不考虑。

频率对功率损耗角影响不同于对介电性质和电阻率的影响，从图5—1、图5—2、图5—3可知，在频率0.1—25兆赫之间，功率损耗角正切各有一最大极值和最小极值。表2所列是8种泡桐木材频率—功率损耗角正切关系曲线线性回归方程系数。

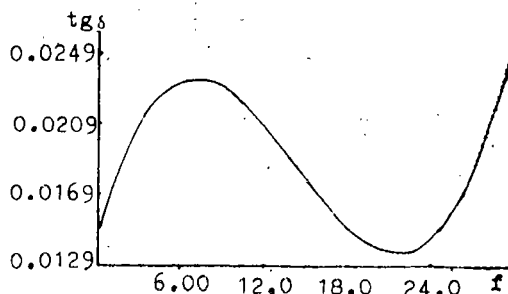
$$\operatorname{tg} \delta = a_0 + a_1 f + a_2 f^2 + a_3 f^3$$

从线性回归方程可得出，在频率约7MHz时，纵、径、弦方向上 $\operatorname{tg} \delta$ 都取得极大值，在频率23MHz左右， $\operatorname{tg} \delta$ 都取得极小值，这充分反映出泡桐木材功率损耗角对频率具有选择性。

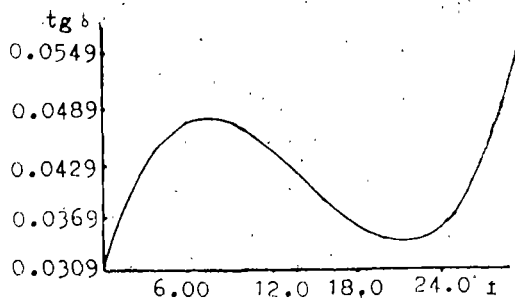
通常在工业上实用的高功率源有一些规定的频率，在上述频率范围内，常用的频率为13.56MHz，27.12MHz等(4)，这些频率并不适合于泡桐木材，从图5—1、5—2、5—3可知，频率高， $\operatorname{tg} \delta$ 不一定增大，即木材吸热不一定增多，每种泡桐木材都有



1—径向 R



2—弦向 T



3—纵向 L

图：5—1、5—2、5—3为毛泡桐木材频率—功率损耗角正切关系曲线

其吸热最多和最少频率，笔者建议，应对一些常用树种木材介电性质与频率的关系进行深入研究，以得出适合各种木材吸热极值的实用频率，从而消除使用频率的盲目现象，大大地节约电能。

对于泡桐木材，在高频加热干燥时，应考虑其吸热极大值频率（约7MHz），木材吸热增加，为木材中水分传热增加，使水分子的能量增加，从而加快水分的蒸发速度，缩短干燥时间；在高频胶合时，应考虑极小值频率（约23MHz），以达到胶层优先加

热固化，而木材又消耗能量不大的良好节能效果。

四、结 论

1. 泡桐木材密度变化对其介电常数和电阻率影响很小，对功率损耗角有显著影响。
2. 在高频电场中，泡桐木材功率损耗角正切—频率曲线上，在频率区间（100KHz～25MHz）中有一个极大值频率，约为7MHz，有一个极小值频率，约为23MHz。
3. 泡桐木材纵向电阻率小于径向和弦向；介电常数、功率损耗角正切纵向大于径、弦向；径、弦两向的介电常数、功率损耗角正切、电阻率差异很小。

参考文献

- (1)成俊卿等，1983，泡桐属木材的性质和用途的研究（一），林业科学，第19卷，第一期，57～63。
- (2)李先泽，1964，射频下木材的介电性质，林业科学，9（3），233～245。
- (3)白同仁、陈森等，1987，马尾松木材介电性质的测试，木材工业，1987，第1卷，第4期，1—4。
- (4)戴澄月，刘一星等，木材介质损耗参数与木材加工技术，东北林业大学（论文）。

The Effect of High-frequency on the Dielectric Properties of *Paulownia* Wood

Chen Sen

(Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

This report presents the results of the experiments on the influence of high-frequency and wood structure to the dielectric properties of *Paulownia* wood.

The results show that the effect of frequency on loss $\tan \delta$ is big, but small on dielectric constant and resistance; the effect of wood density on dielectric properties is small. It is suggested that good heating effect with low energy consumption can be obtained by using the frequency at max./min. loss $\tan \delta$.