

电导式木材含水率测定仪的原理与应用

金照悻¹, 许美琪²

(1. 上海木材工业研究所, 上海 200051; 2. 上海家具研究所, 上海 200001)

摘要: 本文阐述了电导式木材含水率测定仪的基本原理、温度修正和树种修正的理论依据及电导式木材测湿仪的设计原理。对国产电导式木材测湿仪的实测误差分析表明,该仪表的测定误差与国外进口的同类测湿仪的误差差异不显著。本文还进一步分析了高含水率范围测定技术的发展方向、提高仪表可靠性措施及开发智能型在线测量木材含水率测定仪的前景。

关键词: 木材; 含水率测湿仪; 电导; 测量

中图分类号: TH873.71 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2000)01-0035-03

Theory and Application of Conductance Wood Moisture Content Meter

JIN Zhao-yi¹, XU Mei-qi²

(1. Shanghai Wood Industry Research Institute, Shanghai 200051; 2. Shanghai Furniture Research Institute, Shanghai 200001)

Abstract In this paper the basic principle, temperature and wood species adjustment theory, design principle of conductance wood moisture meter is described. Determination error analysis showed there was no obvious difference between the meters made in China and abroad. This paper also analyses the development trend of high moisture content determination, the measure to improve reliability and to develop intelligent on line determination technology.

Key words Wood; Moisture meter; Conductance; Determination

木材含水率的测定方法主要有:烘干法、电测法和物理方法。物理方法包括微波法、红外线法、射线法和超声波法等。其中最简便、经济的方法是电测法,电测法又分为电导式和电容式两种。前者装置简单经济,使用方便,因此,国内外普遍采用此方式。

1 木材的直流电特性

木材在绝干状态下是良好的电绝缘体,其比电阻为 $10^{17} \sim 10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$ 。随着木材含水率的增加,电阻减小。在室温下,木材的含水率接近纤维饱和点时,其比电阻为 $10^5 \sim 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 。当木材的含水率继续增加,比电阻不再明显减小。木材的含水率从绝干增加到纤维饱和点时,电阻减小约 10^{12} 倍,而含水率从纤维饱和点增加到水饱和状态,电阻减小 50倍。这种现象的原因是由于木材中的水分所形成的可导电的水

膜在纤维饱和点以上是完整的,而在纤维饱和点以下开始断裂,造成木材的比电导骤降。

木材的比电导 k (比电阻的倒数)与含水率有关,当木材的含水率小于纤维饱和点时,木材的比电导 k 的对数 $\lg k$ 与含水率之间呈线性关系;当木材的含水率超过纤维饱和点时,木材的比电导 k 的对数 $\lg k$ 与含水率之间已不呈线性关系^[1]。

木材的电阻随温度的升高而减小。木材比电阻的对数与木材绝对温度的倒数呈线性关系。

因为木材的导电是一离子迁徙过程,与金属的电子导电相异。这些离子源于木材中的杂质如无机盐(灰分),或源于木材组分的离子基团,离子基团一般存在于无定形区与定形区的界面。这种离子又分为吸着离子和自由离子。只有自由离子能够导电。吸着离子要在取得一定能量以后才能够游离成自由离子,参与导电。把 1 摩尔的吸着离子释放为自由离子的能量称之为活化能。文献 [2] 提出的活化能与木材比电阻

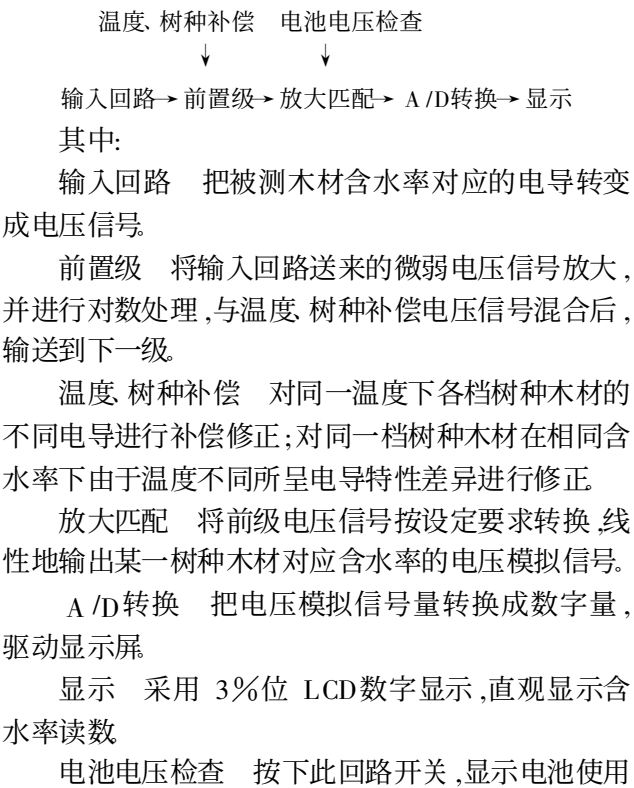
和温度的关系和文献 [3] 提出的比电阻和活化能及温度的关系可概括为: 木材的比电阻 d 是活化能和木材温度 T 的函数, 即 $d = f(E, T)$, 而 E 又是木材含水率 u 的函数, 所以木材的比电阻 (或比电导) 是木材含水率和木材温度的函数, 即 $d = f(u, T)$ 。

如前所述, 木材中的离子来自于木材的灰分和存在于无定形区和定形区界面上的离子基团。由于各种树种木材的灰分量和结晶度不同, 因此, 木材的比电阻还随树种不同而异。

2 电导式木材测湿仪设计原理

基于上述木材的电学性质, 电导式木材测湿仪就是根据木材的含水率在纤维饱和点以下时, 木材电导 (电阻的倒数) 的对数与含水率呈线性关系这一特性设计的, 通过测定木材的电导来测定木材的含水率。

一般电导式木材测湿仪总是以某一树种的木材在常温下, 电导与含水率的关系来进行标定的, 再附加树种修正和温度修正。据美国材料与试验协会标准 (ASTM D 2016) 指出, 不设树种修正, 测量误差可达 $\pm 4\%$ (含水率); 不设温度修正, 测量误差更大。例如, 上海木材工业研究所研制的 ST-85 数字式木材测湿仪, 测量的含水率范围为 $6\% \sim 30\%$, 具有 4 档树种修正, 温度修正范围 $-10^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$, 采用 LCD 数字显示, 测量误差 $\pm 1\%$, 能满足一般工业生产上的检测需要。其电路框图如下:



情况, 提示用户及时更换电池, 保证测量准确性。

3 测量误差及其差异性检验

3.1 测量误差检验

取针叶和阔叶树材各 5 种, 每种树种木材作 30 个试件, 分别平衡处理至含水率 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24%, 用 ST-85 木材测湿仪测定含水率后用烘干法测定实际含水率, 进行比较。试件的尺寸为 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 。测定结果列于表 1。

表 1 ST-85 木材测湿仪测定值与烘干法测定值的比较

Tal. 1 Comparison of determination error between ST-85 wood moisture meter and oven-dry method				
树 种	树种修正档次	误差平均值 %	标准差 %	
白 松	4	0.98	1.12	
杉 木	3	0.39	0.31	
花旗松	3	0.43	0.20	
智利松	4	0.76	0.60	
落叶松	4	0.92	0.85	
阿必东	4	0.52	0.26	
桦 木	4	1.00	0.63	
椴 木	4	0.68	0.38	
柳 安	3	0.46	0.35	
水曲柳	3	0.63	0.31	

注: 误差值 = 仪表测定值 - 烘干法测定值。

由表 1 可以看出, ST-85 木材测湿仪与烘干法的平均测量误差在 $\pm 1\%$ (含水率) 以内。

3.2 测量误差的差异性检验

为了判别国外同类产品与上海木材工业研究所研制的 ST-85 木材测湿仪在测量误差上是否有显著差异, 取含水率分别为 7, 12.6, 16.6 和 18.9% 的 4 组试件, 每组试件为 6 块, 每块试件设两个测点, 分别用德国产 HT-75 木材测湿仪和 ST-85 木材测湿仪进行测试。对每组数据分别作 F 检验, 其结果列于表 2。

表 2 HT-75 与 ST-85 测湿仪测量误差差异性的 F 检验 $\alpha = 0.05$

Tal. 2 F test to determination error difference of HT-75 and ST-85 moisture meter									
含水率 %	测点 数	HT-75 测试值 平均	ST-85 测试值 平均	S^2_{HT}	S^2_{ST}	F	$F_{11,11} (0.975)$	差异显著性	
7	12	6.89	6.88	0.4172	0.3615	1.1540	2.79	不显著	
12.6	12	12.58	12.36	0.2233	0.2206	1.0120	2.79	不显著	
16.6	12	15.83	16.19	0.5582	0.5735	1.0274	2.79	不显著	
18.9	12	18.21	18.75	0.2790	0.1500	1.8600	2.79	不显著	

注: 若 $S^2_{HT} > S^2_{ST}$, F 值取 S^2_{HT}/S^2_{ST} ; 反之, F 值取 S^2_{ST}/S^2_{HT} 。T 为信度, 取 15%。

F 检验的结果表明, ST-85 木材测湿仪和国外同类产品 HT-75 木材测湿仪的测量误差无显著差异。

4 电导式木材测湿仪发展方向

4.1 开发测量范围宽的含水率测试仪表

随着木材工业的发展,对木材测湿仪的适用范围提出更高的要求。例如,干燥前木材的初含水率测定;干燥过程中木材含水率的监控;刨切木方(包括人造刨切木方)的含水率测定等,要求测量范围在 7%~60%。因此,从生产的实际需求,发展测量范围宽的木材含水率仪表势在必行。从木材的电学特性来看,当木材的含水率超过纤维饱和点时,lgk 与含水率之间已不呈线性关系。但据最近的试验结果表明,采用单片微机控制自动分段测量电路,测试结果基本达到设定的要求;含水率测量范围为 6%~70%,测量误差较小。而且,按目前计算机的技术水平,处理一些非线性曲线的技术(包括树种和温度修正)已成熟。困难的是定量分析各树种木材在高含水率状态时的电导值数据。原因是试件受环境的影响,平衡处理困难,且试件重复性较差,影响试件数据的准确性。

4.2 提高仪表可靠性措施

大部分木材在常温下,其含水率在 5%~7%时,电阻率已高达 $10^{11} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,如木材的含水率在 5%~7%以下,其电阻值更高。现在国内生产的木材测湿仪的输入级大多采用高输入阻抗的分立元件,如场效应管等。由于分立元件离散性大、元件互换性较差、静电防护能力弱、温度系数大,因此,元件在老化、筛选方面工作量较大,整机电路板调式、带电老

化工作量也较大。经试用高阻抗输入集成元件替代分立元件,效果良好。电路工作稳定、重复性好,集成元件在互换性及温度漂移方面优于分立元件,特别是静电防护能力提高 2 个数量级。另外,在仪表工艺设计时,应避免电路板和绝缘材料表面污染或受潮,其漏电流与测量电流的信噪比下降,仪表的读数就不可能正确反映出木材含水率。

4.3 开发智能型在线木材测湿仪

在木材干燥过程中,木材含水率的控制是一个关键问题。为确保在干燥过程中木材含水率的准确测量,使其能够准确表达被干燥木材的实际情况,并能输出多点测量值和平均值,这类木材测湿仪必须是采用计算机(单片微机)技术,能在线测量木材含水率,具有测量范围宽、树种与温度修正、多路自动采样测点、抗电磁干扰性能好、测量误差小、输出显示木材含水率与数字(模拟)量接口等特性。适合木材加工过程中对含水率的控制,提高木材加工质量。

参考文献:

- [1] 中国林科院木材工业研究所. XSY-I 刨花含水率测定仪研制报告[Z]. 1984.
- [2] Davidson R W. The Effect of Temperature on the Electrical Resistance of Wood[J]. F. P. J., 1958, (8) 5: 160~164.
- [3] Lin R T. A Study on the Electrical Conduction in Wood[J]. F. P. J., 1965, (15) 11: 504~506.