

单板含水率环形表面电阻检测法的研究

撒潮,张璧光,王德明,伊松林

(北京林业大学森工学院,北京 100083)

摘要: 本文提出利用定压力、环形点、表面接触式探头,以单板表面电阻为表征其含水率参量,配合计算机系统,实现单板含水率及其分布特征的快速、无损检测新方法。

关键词: 单板含水率;环形表面电阻;检测

中图分类号: TH873.71 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2000)05-0003-03

Detection of Veneer Moisture by Surface-circled Shape Resistance

SA Chao, ZHANG Bi-guang, WANG De-ming, YI Song-lin

(College of Forest Products and Engineering, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract With veneer as a particularly detected target, a new method for detecting veneer moisture has been developed. Surface resistance of veneer was measured as an indicator of moisture content of the veneer by a surface-touched detector. With fixed pressure, circle-shaped point with the help of a computer system, the veneer moisture and its distribution will be detected in a fast way and without harm to veneer surface.

Key words Veneer moisture; Circle-shaped surface resistance; Detecting

单板含水率及其分布特征是反映单板干燥质量的一个重要技术指标。根据胶合板制造理论及工艺^[1],过高的含水率易引起胶合板脱胶、开裂、变形等产品缺陷;过低的含水率则不仅会造成生产成本的增加,也会因单板表面的局部炭化或纤维的物理性能受损而危及产品质量。目前,国内胶合板生产厂对单板含水率进行常规生产监测时,主要采用下述方法:

(1)依靠操作工人的直觉和经验对单板含水率进行评估。评估结果的准确性常因人而异。

(2)利用普通含水率检测仪定期抽查。由于普通含水率检测仪以电阻法为主,并使用双针刺入式探极,检测结果常受木纹方向、电极化方向以及探极刺入深度的影响,且探极的刺入常引起单板劈裂。

(3)少数生产厂引进单板含水率在线检测设备,但仅限于对单板总体平均含水率的检测,其结果无法反映各局部含水状态及分布特征,且设备昂贵。

国内外有关学者对木材含水率检测方法曾进行过大量研究,提出了诸如在线称重法、电阻法、电容

法、介电常数法、高频电磁波法、红外线法、AE波法(Acoustic Emission)等多种检测方法。但针对单板这一特定的被测对象,能对其含水状态,特别是各局部含水率及其分布特征进行全面在线检测的方法,却未见有工业性成功应用之报道。

近年来速生树种材正在成为单板生产的主要用材,而速生材的一个显著特点就是初含水率高且分布极不均匀。因此研究单板含水率及其分布特征的在线检测方法,开发相应的检测设备具有重要的现实意义。

本研究以单板表面环形电阻为表征其含水率的被测参量,利用由多个探头组成的检测阵列来实现对单板含水率分布特征的提取,通过计算机在线处理,实现对单板含水率及其分布特征的实时检测。本文着重论述检测方法的理论分析,其它部分将另文叙述。

1 检测方法的分析

1.1 被测参量的选择

由于单板含水状态的变化会引起单板本身电学、力学、声学等诸多物理参数的变化,故理论上表征单

收稿日期: 2000-07-04

基金项目: 国家“九五”科技攻关专题 (96-011-02-06)

作者简介: 撒潮 (1956-),男,北京林学院森工学院副教授。

板含水特征的被测参量可以有很多。但被测参量的选择,不仅直接影响检测系统的精度、范围和检测结果的稳定性,而且还关系到实现方法上的难易程度和检测系统的成本。因此,对被测参量参照如下原则选择:

- (1)在表述单板含水率时应有足够的精度、范围和稳定性;
- (2)能实时反映单板含水率及其分布特征;
- (3)提取时应避免对单板表面造成破坏;
- (4)提取方法应相对简练实用、成本要低

根据上述原则,考虑到单板的特点,本检测法选用单板环形表面电阻为描述单板含水率及其分布特征的被测参量,利用定压、环形点、表面接触式探头组成检测阵列,如图 1所示,来实现对被测参量的提取。

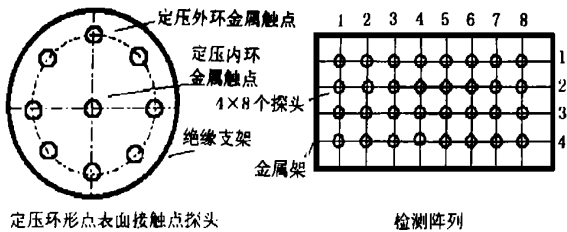


图 1 定压环形点表面接触式探头及检测阵列

Fig. 1 Circle-shaped point detectors with fixed pressure and surface touch and the detecting array

1. 2 被测参量的提取

环形表面电阻系指在单板表面放置两个环形电极,电极间以空气隔开,并使电极保持一定压力(如图 2)。施于两电极一直流电压,该电压与通过的电流之比为环形表面电阻 R_s 。其大小可由下述分析得出^[2]:

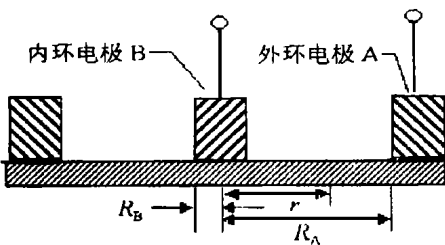


图 2 环形电极

Fig. 2 Circle pole

设:两电极间距内电极轴线 r 处的介质内电场强度为 E

$$E = \frac{q}{2\epsilon_0 r} \dots\dots\dots (1)$$

式中: ϵ_0 —真空介电常数;

q —单板表面电极在单位长度所带电荷。

根据电场和电势关系

$$dU = - E dr = - \frac{q}{2\epsilon_0 r} dr$$

若设两电极的电位各为 U_A, U_B , 则

$$U_A - U_B = \int_{U_B}^{U_A} dU = - \frac{q}{2\epsilon_0} \int_{R_B}^{R_A} \frac{dr}{r} = - \frac{q}{2\epsilon_0} \ln \frac{R_A}{R_B} \dots\dots\dots (2)$$

将 (2) 式代入 (1) 式, 有

$$E = \frac{U}{\ln \frac{R_A}{R_B}} \frac{1}{r}$$

其中: $U = U_B - U_A$, 为两电极上电压; R_A, R_B 分别为两电极的内环外半径和外环内半径。在半径为 r 处的单板上, 因电流集中于高度为 l 的表层中, 故取一圆柱面元 $S = 2\pi r l$ 该面元的电流密度 J 为

$$J = \frac{E}{d} = \frac{U}{d \ln \frac{R_A}{R_B}} \frac{1}{r}$$

d 为单板的表面电阻率 通过两电极的电流 I 为

$$I = \int_S J \cdot dS = \frac{2\pi l U}{d \ln \frac{R_A}{R_B}}$$

故有单板环形表面电阻 R_s

$$R_s = \frac{U}{I} = \frac{d \ln \frac{R_A}{R_B}}{2\pi l}$$

实际检测中, 为保证探头的环形触点能与单板表面充分接触, 本方法中外环电极采用环形点接触式, 以避免由于单板不平所造成的电极接触不良。此时, 单板环形点 表面电阻 R_s 近似为:

$$R_s = \frac{R_s}{2\pi R_A} \sum_{i=1}^n d_i$$

其中: d_i 为每个外环触点的直径; n 为外环触点数。

通过定压、环形、接触式探头所组成的检测阵列和信号调理电路, 对表征检测点单板含水率特征的被测参量进行采样, 并将其转换成电压信号送至计算机, 从而完成对被测参量的提取

1. 3 被测参量与单板含水率的关系

理论和试验研究表明, 单板含水率在一定范围内 (一般为 35% ~ 5%, 不同树种的单板会有所不同), 环形表面电阻与单板含水率的关系一般可用 3~ 4 段直线来拟合表面电阻和含水率转换关系曲线, 如图 3 所示。每段上均可用直线方程来表示:

$$H = A - B \lg(R_s)$$

其中: H 为含水率; R_s 为环形表面电阻; A, B 为常数, 可通过试验获得。

实测中, 计算机将会按照所选定的树种自动设定单板含水率的检测范围, 对超出检测范围的含水率值判为无效点。在计算单板平均终含水率时, 无效点按

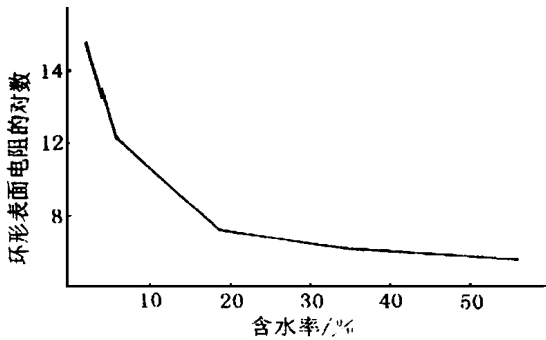


图 3 单板含水率与环形表面电阻对数

Fig. 3 Veneer moisture and logarithm of surface-circled shape resistance

空检测点来处理

温度对单板环形表面电阻的影响较大。总体来看,温度升高,环形表面电阻下降,含水率升高。当 $H \geq H_{FSP}$ 时, H 受温度影响较大,温度高于 50°C 时,影响更加明显。一般可认为,电阻的对数与绝对温度的倒数成近似直线关系^[4],即:

$$\lg R_i = a + b \frac{1}{T}$$

其中: a, b 为常数,可由试验获得; T 为绝对温度

通过大量试验,对杨木等 4 类 26 个树种的单板含水率与环形表面电阻转换曲线进行了标定,并建立了以计算机辅助设计、计算机辅助试验为基础的单板含水率转换模型,运用相应的软件即可对温度、单板厚度等检测环境参数和单板状态参数进行手动或自动补偿。

1.4 含水率及其分布特征的表述

为客观、全面的表述单板含水率的总体水平及分布上的差异,在实际应用时,利用定压环形点表面接触式探头,构成 4×8 点检测矩阵;通过信号调理电路、A/D 接口等与工业计算机组成单板含水率多点在线检测系统。在含水率及其分布特征的表述上,选用单板平均终含水率来描述含水的总体水平;采用最高和最低含水率反映单板含水率在分布上的最大离散程度;用标准差表示各采样点含水率与均值的一致性;用合格含水率点个数、无效检测点个数说明采样点含水率的频率分布特征;并以具有数字和彩色单板含水率平面分布图描述各检测点的终含水率值和该点含水率是否合格。

在检测系统中,还利用了可选择的多条彩色曲线来描述含水率变化趋势,同时利用工控机数据处理和存储能力强的特点,智能化地自动记录及储存相关检测数据。

2 环形表面电阻检测法与普通电阻法的比较

通常意义上的电阻,一般是指介质的体积电阻。根据物理学定义,若介质的体电阻为 R_v ,则有:

$$R_v = d \frac{L}{S}$$

其中: d 为试样体积电阻率; L 为试样体长度; S 为试样体测量电极面积。

电阻法普通含水率检测仪,一般以 R_v 为被测参数,提取时常需刺入双探针,并利用欧姆定律或将其转换为电压或电流。由于木材是各向异性的天然高分子材料,即使是同一树种,同一含水率,同一测量环境下,平行于木材纹理方向与垂直于纹理方向的体电阻明显不同,而径向和弦向的体电阻也出现差异,因而易造成检测结果上的误差^[3]。

此外,在利用欧姆定律对体电阻参量进行提取时,外加电压极性的改变也会引起检测结果的变化,其原因可用电介质的极化作用来说明。在外电场的作用下,电介质可能出现了下列情况^[4]: (1)分子、原子及离子中的电子产生位移; (2)分子中的原子间产生位移; (3)电偶极子发生转向; (4)由介质各向不均。由于极化作用可产生束缚电荷,抵消或增强外电场的部分作用,使顺、逆极化方向的测量结果发生变化。

采用单板含水率环形表面电阻检测法可有效克服上述问题。环形表面电阻是将单板表面电阻均视为 d 的理想化介质,因此可有效克服木材纹理方向对检测结果的影响。由于环形电场会削弱介质电极化的方向性,从而降低了极化作用对检测结果的影响。

此外,通过由多个探头构成的检测阵列和计算机对被测信号的在线处理,还可获得其它检测法无法得到的更多的反映单板含水率总体水平及分布特征等信息。

3 结论

1) 采用本检测法进行单板含水率在线检测时,由于环形表面电阻无明显顺、横木材纹理的方向性,故以环形表面电阻为被测信号可有效克服木材纹理对检测结果的影响。

2) 定压、表面接触式探头不仅避免刺入式探针对于单板表面的损害,而且消除了刺入式探针刺入深度对检测结果的影响。

3) 通过探头所组成的检测矩阵,不仅可获得反映对单板含水率总体水平的信息,而且可获得更多的反映单板含水分布特征的信息。

(下转第 9 页)

表 4 最佳工艺条件制板性能评价

Tab. 4 Properties appraisalment of particleboard made with optimum technology

名称	温度 /℃	个数	平均值	标准差	变异系数	平均误差	精确度	备注
含水率 /%	170	15	8.53	0.399	0.047	0.103	1.21	*
	195	15	7.89	1.210	0.153	0.313	3.96	*
密度 /(g·cm ⁻³)	170	15	0.723	0.030	0.042	0.008	1.08	*
	195	15	0.728	0.022	0.030	0.006	0.78	*
静曲强度 /MPa	170	30	23.97	2.781	0.116	0.508	2.12	*
	195	30	24.05	2.670	0.111	0.488	2.03	*
内结合强度 /MPa	170	15	0.39	0.147	0.376	0.038	9.71	**
	195	15	0.41	0.075	0.181	0.019	4.67	*
吸水厚度膨胀率 /%	170	15	1.70	0.240	0.140	0.060	3.33	*
	195	15	1.94	0.330	0.170	0.080	3.98	*

注: * 表示 $p < 5\%$,结果可信程度高; ** 表示 $p > 5\%$,结果可信程度低

刨花板的关键 树皮含量应小于 1% ,芯层刨花尺寸以筛分值 - 1.5# 12为宜

(上接第 5页)

4)该方法实现成本相对较低 ,适合计算机检测系统采用。该系统经工业现场实际使用表明 ,可达到快速、准确、无损、多方面的反映单板含水状态的目的

参加本项目 研究的人员 还有:高建民 ,常建民 ,霍光青等。

参考文献:

欢迎订阅《南京林业大学学报》

《南京林业大学学报》1958年创刊。主要刊登林学、森保、园林、木材加工、人造板、林产化工、制浆造纸、林业机械、森林工程、土木工程等专业学术论文、科研报告及有关学科进展的综述和专题讨论,附有英文目录和英文摘要。重要文章收录于国内外林业、森工等文摘刊物。1992年起入选“中国自然科学核心期刊表”,1996年加入《中国学术期刊(光盘版)》并于1997年起发行光盘版,近年来连获省、部级优秀学报奖及第二届全国优秀科技期刊三等奖。1999年再次荣获江苏省优秀自然科学学报一等奖。

本刊拟设置专栏,报道重点项目、基金项目及重大课题的研究成果。欢迎国内外学者赐稿并预约。

大 16开,彩色封面,1999年起改为双月刊,逢单月出版。定价:6.00元/期。刊号 CN32-1161/S

国内外公开发行人,邮发代号:28-16,全国各地邮局收订,也可向本刊编辑部订阅。国外总发行:中国教育图书进出口公司。

地址:南京市龙蟠路南 南京林业大学学报编辑部
邮编:210037
电话:(025)5428247 传真:(025)5434121
E-mail: XueBao@ njfu. edu. cn

2) 白桦枝桠材制刨花板时 ,板密度应大于 0. 70 g /cm³。

3) 随着施胶量的增加 ,刨花板的各项性能均有改善。从经济角度考虑 ,表层施胶量为 13% ,芯层施胶量为 10% 时 ,板的各项性能均可满足国家标准的要求

4) 采用高温、高压和短时间热压工艺较为适宜,即温度 195℃ ,压力 3. 5 MPa,时间 3 min时 ,板的各项性能较为理想

参考文献:

[1] 李凯夫,等。木质复合材技术进展 [M]。哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1995。

[2] 于世茂。多元分析方法及其应用。长春:吉林人民出版社,1981。

[1] 陆仁书。胶合板制造学 [M]。北京:中国林业出版社,1993,60~ 62。

[2] 曹萱龄。物理学(中册) [M]。北京:高等教育出版社,1983,15~ 112。

[3] 成俊卿。木材学 [M]。北京:中国林业出版社,1985,508~ 533。

[4] 邱树清,牟华坤。电阻式木材含水率仪温度自动补偿的方法及其应用 [J]。林业机械与木工设备,1998,26(9): 18~ 19。

欢迎订阅《林业科学》

《林业科学》是首届国家期刊奖获奖期刊,中国林学会主办,是代表中国林业科技最高水平的学术刊物,1955年创刊。主要刊登林业领域的最新科研成果,反映国家林业建设重点和热点,促进林业科技、教育、生产发展及国内外学术交流。内容包括森林培育、森林生态、林木遗传育种、森林保护、森林经理、野生动物保护与利用、园林植物与观赏园艺、经济林、水土保持与荒漠化治理、林业可持续发展、森林工程、木材科学与技术、林产化学加工工程、林业经济及林业宏观决策研究等方面,以学术论文、研究报告、综合评述为主,还有学术问题讨论、研究简报、科技应用、科技动态、新书评介等栏目。

1999年起改为大 16开本,并开始刊登附中文摘要的英文论文,从 2001年第一期起,版面增至 148页。双月刊,每期定价 17. 5元,全年 105元。邮发代号 82-6,全国各地邮局均可订阅。国外邮发代号 BM 44 本刊可办理过刊补订。

地址:北京万寿山后 中国林学会
邮编:100091
电话:(010)62889820
E-mail: linykx@ csf. forestry. ac. cn