

研究综述

TMJ-A 人造板弹性模量无损检测显示机的误差因素分析

高燕秋, 王兆伍, 张齐生

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 人造板无损检测是在线检测结构用人造板力学性能、保证产品质量的重要环节。本文介绍了弹性模量无损检测设备的功能和工作原理,从测试方法、机械系统、控制系统几个方面入手,分析了测试误差的形成原因及影响因素,为进一步提高人造板无损检测设备的测试精度和可靠性提供依据。

关键词: 弹性模量;无损检测;测试误差;传感器

中图分类号:TS653, TB302.51 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2002)05-0024-03

Analysis of Measuring Error on TMJ-A Nondestructive Testing Equipment for Structural Board

GAO Yan-qi, WANG Zhao-wu, ZHANG Qi-sheng

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to ensure the quality of structural boards, it is important to apply nondestructive testing equipment for on-line examination of their mechanical properties. Function and principle of TMJ-A on-line nondestructive testing equipment, which was developed by the authors, are introduced in this article. Furthermore, factors affecting measurement error from testing methods and equipment mechanical and control systems, necessary for improving equipment accuracy and reliability, are also analyzed.

Key words: MOE; Nondestructive testing; Measures error; Structural board

集装箱底板、包装箱板材、建筑模板等结构人造板,对力学性能均有较高的要求。为保证产品质量,有必要建立全过程质量控制体系,人造板在线无损检测设备即是其中的一个重要环节。笔者等经几年努力,研制开发了集装箱底板弹性模量无损检测仪^[1]。为提高测试精度和保证测试结果的稳定可靠,需要对测试误差的形成原因及影响因素进行分析研究,本文试从测试方法、机械系统、控制系统等几个方面进行讨论,以期为该检测仪的进一步改进完善提供依据。

1 TMJ-A 人造板弹性模量无损检测设备简介

结构人造板由于需要承受较大载荷,因而对其有严格的力学性能要求。检测板材质量通常采用小试件

的3点弯曲试验法,即抽取一定比例的成品板截成小试件进行破坏性试验。这种方法费用较高,耗时长,不能及时反馈到生产线,同时,由于具有随机性,故不能保证每块板的质量都符合要求。而采取无损检测(Nondestructive Testing 即 NDT)方法,可对生产过程实行在线检测,并及时反馈到生产线,及时调整工艺参数,保证每一块板的质量符合要求^[2]。

美国、日本等国家从60年代起已利用超声波、声发射、扫描、核磁共振等技术对中密度纤维板、刨花板等人造板的力学性能进行无损检测。80年代初国内许多专家对结构人造板的强度预测进行了大量的理论研究工作,主要用于检测定向刨花板机械性能。国内外对人造板弹性模量无损检测也进行了不少研究,可以用超声波、声发射、应力波、冲击波等多种方法来

收稿日期:2002-08-09

作者简介:高燕秋(1943-),女,南京林业大学副教授。

测定人造板的弹性模量,但试验成果大多未能得到广泛应用。对于各向异性的多层复合材料组成的人造板,实现在线无损检测的难度更大,能用于生产线上的无损检测设备,目前国内还未见报道。

南京林业大学与江苏省金坛市正达机械有限公司合作,对人造板在线无损检测理论进行立项研究,历经 5 年时间,先后制作了三轮样机,在 2001 年底研制成功 TMJ-A 弹性模量显示机(图 1)。该显示机采用 PLC(可编程控制器)和工控计算机结合,对检测过程进行全自动控制,能实时显示被测板件的参数和测试数据,并具有测试数据自动整理、保存和打印功能;还可以对不同规格板件的厚度和弹性模量进行在线检测,并可在必要时测定试件的静曲强度,主要应用于集装箱底板(或基板)的检测,也可以用于其它结构人造板的测试。

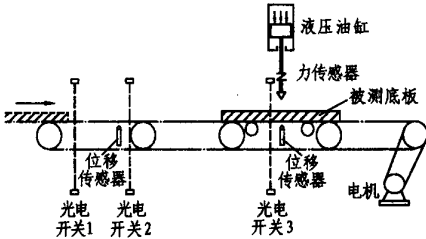


图 1 弹性模量无损检测设备简图

Fig. 1 Sketch of TMJ-A NDT equipment

1.1 TMJ-A 人造板弹性模量显示机的性能参数

最大试验载荷, kN	30
测试厚度, mm	(15~35)±0.05
测试宽度, mm	30~1 300
测试长度, mm	1 200~2 500
弯曲支架长度, mm	450~1 000
最大挠度, mm	25
测试时间, min/块	2

1.2 TMJ-A 人造板弹性模量显示机的检测过程

(1) 初始位置。被测工件由前一工位送入,当工件到达光电开关 1,PLC 开始工作,电机启动,工件继续向前运动,并由光电开关和 PLC 控制。

(2) 工件到达光电开关 2,开始测量板厚。随着工件的移动,位移传感器将板厚数据送至 PLC,并根据光电开关的开闭测得整块板长通过所需时间。

(3) 被测工件到达光电开关 3,由 PLC 根据板长确定工件应到达的弹性模量测量位置。

(4) 工件到达弹性模量(静曲强度)测量位置,电机关闭,工件停止运动。液压系统在 PLC 控制下根据测试要求自动加载。由力传感器测定载荷大小,位移

传感器测定相应挠度。测试结果(弹性模量、厚度等)及被测工件参数在工控计算机上自动显示并保存。

(5) 测试结束,停止加载。液压油缸活塞自动上行,并启动电机将被测工件送出,等待下一工件送入。

2 测试方法的误差分析

人造板弹性模量的计算公式: $MOE = \frac{1}{4} \frac{\Delta P L^3}{\Delta f b h^3}$

式中:MOE—试件的弹性模量(MPa);

L—支座距离(mm);

b—试件宽度(mm);

h—试件厚度(mm);

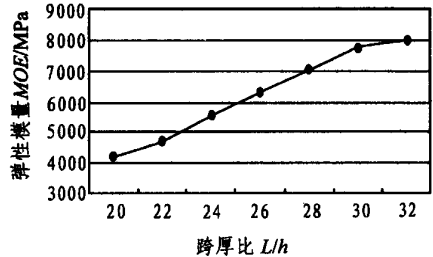
$\Delta P/\Delta f$ —线性区域内载荷-变形曲线的斜率。

2.1 板件尺寸的影响

根据 GB/T 17657-1999 的规定,测定人造板弹性模量的试件尺寸为: $l = (20h + 50)$ mm, $b = 50$ mm;支座距离 $L = 20h$,即跨厚比 $L/h = 20$ 。而进行在线测试时,产品规格尺寸要大得多,无条件地直接应用上述公式是不合适的。由于人造板是各向异性的复合材料,经理论分析和试验验证^[3,4],当跨厚比大于某一数值时,剪切引起的影响能够忽略,因此,在 3 点弯曲试验中可以应用上述公式进行计算。

2.2 跨厚比的影响

对于大尺寸人造板,测试时如取 $L/h = 20$,所得到的弹性模量值比标准值小很多。在一般情况下,跨厚比 L/h 增加,弹性模量测试值呈增加趋势(见图 2)。但当跨厚比大于某一数值时,弹性模量测试值变化趋缓,接近国家标准规定测试方法的数值。因此,选择合适的跨厚比具有重要意义。而且跨厚比与整个测试系统的状态是相关的,某一厚度的试件应选择多大的支座距离合适,与支承型式、支承辊直径、加压方式和压头结构都有关联,需要根据具体的测试设备决定最佳的跨厚比大小。



(板宽 1222 mm,板长 1964 mm,板厚 30 mm)

图 2 跨厚比对板材弹性模量的影响

Fig. 2 Effects of ratio of span to thickness on MOE of board

2.3 温度的影响

GB/T 17657-1999 中规定,试件应在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 进行测量,工厂生产线的环境温度显然不可能满足这一要求。要解决这一问题,首先是在无损测试设备生产调试时,应采用与国家标准规定测试方法相同的条件进行对比试验,得出基准数据,再在实际生产时根据实际环境温度进行修正。

3 机械系统的误差分析

3.1 机械传动装置的影响

测试应在传动装置达到稳定运行状态后进行,如果板件的输送速度有变化,会对测试结果有些影响。

3.2 液压系统的影响

液压系统的压力和流量控制对于测试结果的影响较大。压力的选择必须使测试点落在载荷-变形曲线的线性区域,否则就不能得到弹性模量的正确值。液流量大小会影响加载速度,从而也影响了测试结果的准确性。因此,加载速度应尽量小。

4 控制系统的误差分析

图 3 为 TMJ-A 弹性模量显示机的控制系统框图。

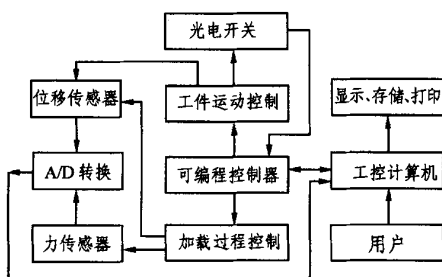


图 3 系统框图

Fig. 3 Control system block of TMJ-A NDT equipment

弹性模量的自动检测过程,实际上是数据(信息)采集、传递、转换和处理的过程,传感器的选择使用、可编程控制器(PLC)对信息采集的控制、A/D 转换方式、放大滤波电路设计,以及 PLC 与工控计算机的通信等,都会影响测试数据的精度和可靠性。

4.1 传感器的影响

传感器对精度的影响主要表现在最大工作范围及工作区间的选择上。一般来说,传感器的最大工作范围不宜太大,以提高测量精度;但最大工作范围过小,易导致测量参数超出允许值。为了适应被测工件参数的变化,必要时只能选择稍大的工作范围。传感器应尽量在其线性度较好的区域内工作,这就要求选

择合适的安装位置和测量区间,使测量的初值和最大值都能位于线性区域内。传感器在开始工作前和工作一定时间后,必须进行标定,以保证其工作精度。

4.2 信息采集方式的影响

进行测试时一般要求按一定的时间间隔采集数据,例如试件厚度 h ,在板的全长中需采集若干数据,取其平均值作为测试结果。采样点取得太少,不能反映试件真实情况;采样点取得过多,系统不能及时响应,也会产生误差。又如在弹性模量计算公式中,压力 P 和变形 f 必须一一对应,即二者的采集必须同步。编制程序时应该考虑各被测量参数在时间和空间上的相互关系,才能达到协调一致^[5]。

4.3 信息传递和转换的影响

在信息传递过程中,尤其是在 PLC 和工控计算机的通信中,应保证信息不发生丢失和改变。在被测量由模拟量转换为数字量时,更应注意减少信号的失真和畸变。为此要严格选择合适的控制元件、电气元件,及设计性能优良的放大滤波电路。

5 结论

降低人造板无损检测设备的测试误差,是提高生产率、保证成品质量的重要关键。人造板弹性模量无损检测设备是由机械传动、液压装置和自动控制等部分组成的综合系统,其中对测试误差起主要作用的是跨厚比、液压装置工作参数及控制系统设计。选择合适的跨厚比 L/h 是进行在线测试的重要条件。液压装置合适的工作参数,可保证测试过程能在载荷-变形曲线的线性区域内进行。设计控制系统应该在元器件选择、程序编制、放大滤波电路等方面精心设计和调试,使整个系统能处在误差较小的最佳状态下工作。只有如此,人造板弹性模量无损检测设备才能在人造板生产线上起到实时监控产品质量的作用。

参考文献:

- [1] 高燕秋,王兆伍,孙丰文. 竹木复合集装箱底板弹性模量的无损检测[J]. 南京林业大学学报,2001,25(6):69~72.
- [2] Leslie Groom, Anton Polensek. Nondestructive Prediction of Load-deflection Relations for Lumber[J]. Wood and Fiber Science, 1987, 19(3): 313~327.
- [3] 孙丰文. 竹木复合集装箱底板结构力学性能模型理论与强度预测[D]. 南京林业大学博士学位论文,2001.
- [4] 孙丰文,李燕文,张齐生. 竹木复合板的试件尺寸对静曲强度及弹性模量测试值的影响[J]. 林产工业,1998,25(4):4~5.
- [5] 宋伯生. 可编程控制器配置、编程、联网[M]. 北京:中国劳动出版社,1998.