

用应力波非破损检测技术检测中密度纤维板弹性模量的研究(续)

王志同 曹志强 袁卫国

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091)

2 试验方法与步骤

本试验所用的中密度纤维板试材主要从市场购买。这些试材由北至黑龙江省南至广东省的五个省、市的六家工厂生产的。这些工厂的设备分别是瑞典、美国、德国与中国制造的成套设备。试材的原料、工艺等均不相同。试材的厚度分别为 9、12、15、18 及 19mm。不同型号与规格的试材使试验结果尽可能具有较高的代表性与足够的普遍性。共完成测试试件为 2×2631 个。有关试材与试件的资料见表 1。

表 1 试材来源

试材生产厂	原料	厚度 (mm)	生产设备制造厂
福州人造板厂	木材	9,12	美国华盛顿铁工厂
上海人造板厂	木材	12	瑞典 Sands Defibrator
南岔木材水解厂	木材	18	瑞典 Sands Defibrator
招商紫坭纤维板厂	无胶 蔗渣	12,15	四川东华机械厂
珠江甘蔗化工总厂	蔗渣	9,18	德国 Siempelkamp

测量并记录每个试件的重量及外形尺寸。首先对每个试件进行应力波非破损测试。两个 3021 型加速度传感器分别设置在试件进行破损试验时的支点位置上。每个试件的两个板面分别进行非破损参数值的测试。部分试件的同一板面分别在其两端激发应力波进行参数测定。在试验中保持冲击摆激发应力波的条件不变。

试件经应力波非破损测试后,再用国家人造板质量监督检验测试中心的、由计算机控制自动作图的 AG-5000A 型日本岛津万能材料试验机按 GB 11718.8—89 标准进行弹性

模量与静曲强度的破损性试验。该试机的加载荷的精确度为 0.01N,挠度的测量精确度为 0.001mm,加载头的加荷速度精确度为±0.1%。试机自动连续绘出载荷-挠度曲线。在最大载荷值的三分之一范围内计算载荷-挠度曲线的斜率。依据输入的试件的宽度、厚度与跨距等有关数据,试机除自动打印出弹性模量值之外,还打印出五个指定载荷值的变形,应力与应变及最大载荷值和静曲强度。

当同一试材上的两个密度与几何尺寸基本相同,并在每个试件的两个板面上测得不同的应力波非破损数据相同的试件,在测取破坏性试验的弹性模量与静曲强度时,载荷分别加在不同板面上。选取了在同一试件的两个板面上测得相同的或不同的应力波非破损试验数据的 10 个典型试件进行了剖面密度分布值的测定。

在完成了破坏性试验后,在试件的一端,截取 50mm×50mm 幅面的试件,按 GB 11718.5—89 测定含水率。

为了测定应力波非破损测试方法的分辨能力与灵敏度,对部分试材分别按照试材的厚度设计了类似图 3 所示的试件制取图。按这些试件制取图制取试件时,除了能取得完全符合于 GB 11718.3—89 标准规定的弹性模量和静曲强度试验所需的试件外,还可取得平行及垂直于铺装方向、数量接近相等的尽可能多的试件。这些试件的测试数据除了满足本试验研究的要求外,还提供了整块试材的各种参数的分布。为制订中密度纤维板的标准及分析国内外设备的工艺性能提供了

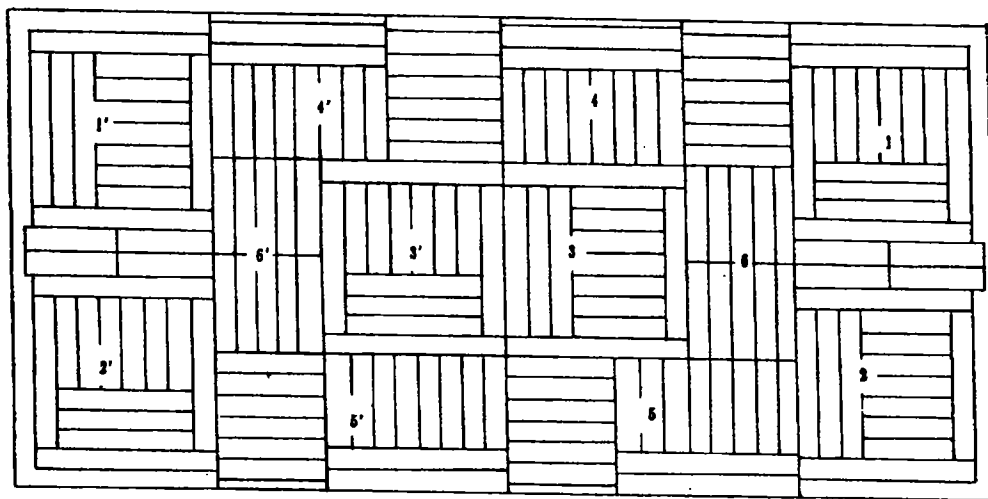


图3 部分12mm中密度纤维板试件制取图

重要的基础性数据资料。

3 讨论

应力波在一根均匀的粘弹性物质的棱柱形杆棒中传播时的数学表达式是以粘弹性参数确定杆棒的任何一个横断面的运动性质。它和横断面运动的定性分析的结论是一致的。公式表明杆棒的弹性模量是波速的一个函数,任何一个横断面的运动都是周期性函数,且逐渐衰减,衰减率是杆的能量耗散性质的函数。应力波传播的波速不变,但介质质点的运动随着时间作指数衰减。应力波在中密度纤维板中传播时的状态和过程的主要部分与由基本一维波理论的预测相同。当应力波的波长大于垂直于应力波传播方向的试件尺寸时,试件的弹性模量与试件的密度和波速平方的乘积成正比关系,此关系适用于中密度纤维板。电子技术的高速发展,使精密的瞬态测量成为可能,当前工业生产用的计时器的分辨率已达到 10^{-7} s,因而用应力波来确定材料动态力学性能的方法成为现实,并且能蓬勃发展。

当冲击锤激发应力波的条件相同时,在同一试件的任意一端激发应力波均得到相同的测试结果。有的试件在两个不同平面上相

对应位置测得的应力波传播时间是相同的,但有的试件是不相等的。在测试的2631个试件中,两个不同平面测得的波的传播时间的差值最大约为 $6\mu\text{s}$ 。与对应的用破损法测得的弹性模量的差值约为 $\pm 3\%$ 。对这些典型试件测定其剖面密度分布曲线,测试结果表明,剖面密度分布曲线对称的试件,它的两个不同平面上测得的应力波传播时间相同。反之,则不同,而且其差值随不对称的程度的增加而增加。

试验数据显示出应力波非破损测试法测定的弹性模量值一般略高于静态破坏性测试法所测定的值。其原因:一是材料的力学性能是与应变率有关。在不同的应变率条件下,材料的力学性能往往是不同的。通常表现为:随着应变率的提高,材料的屈服极限提高、强度极限提高、延伸率降低,屈服滞后和断裂滞后现象变得明显起来。一般常规静态试验的应变率为 $10^{-5}\sim 10^{-1}/\text{s}$ 。应力波传播的冲击试验的应变率为 $10^2\sim 10^4/\text{s}$ ^[10];二是本试验是按照国家标准的静态破坏性试验要求制作试件,属于短小试件,采用在试件长度中心线加载荷。试件的中心线附近的区域不但受到弯矩的作用,同时存在剪切应力。

试验数据表明:对中密度纤维板,应力波

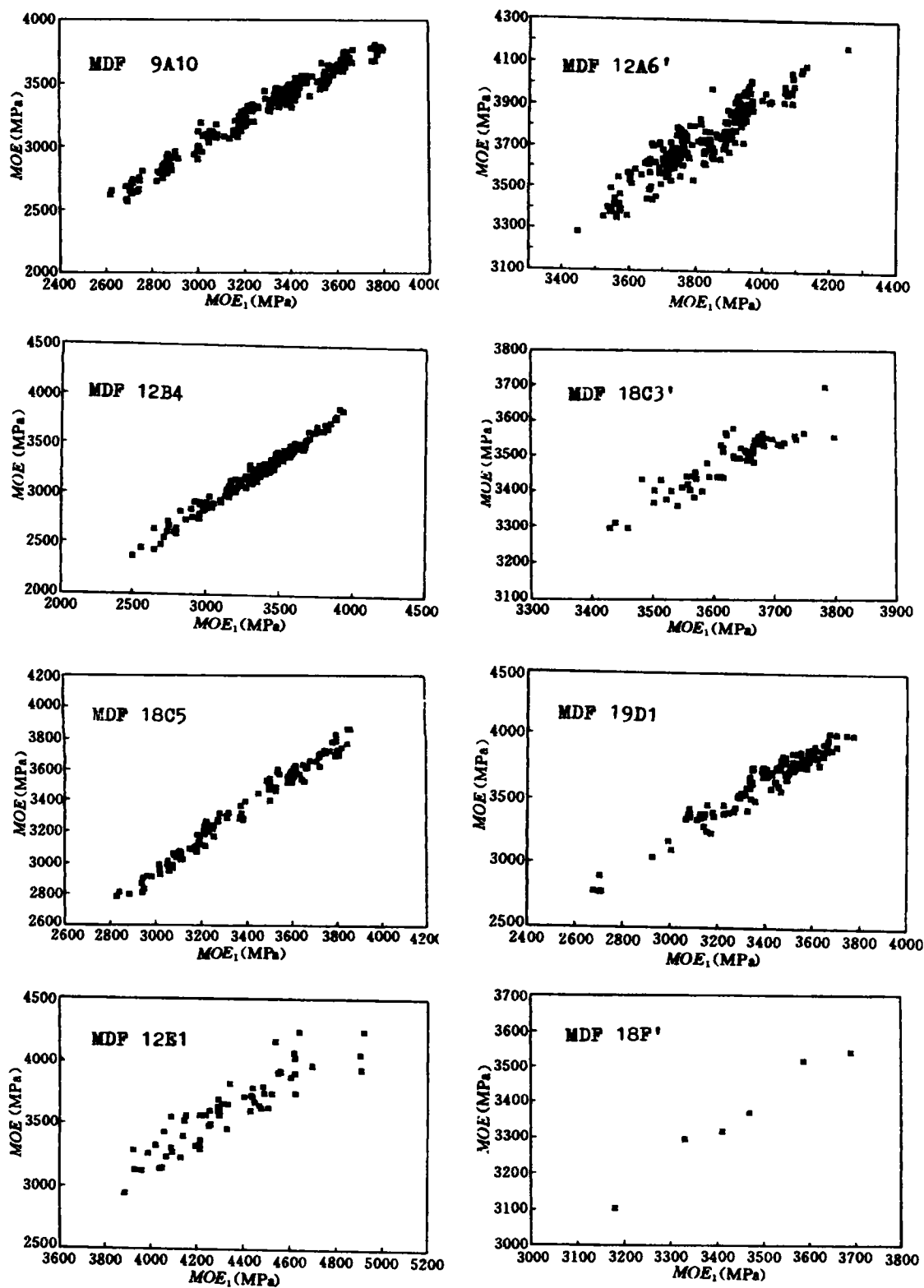


图 4 用应力波非破坏测试技术测得的 MOE_1 与破坏试验测得 MOE 之间关系

表 2 应力波非破损法测定的 MOE_1 与国标破损法测定的 MOE 线性回归分析 $MOE=a+bMOE_1$

序号	组号	常数 a	独立变量斜率 b	回归可靠性 R^2	相关系数 R	观察数	自由度 f
1	MDF 9A1	-76.428395	1.040529	0.941143	0.970	186	184
2	MDF 9A2	-237.576128	1.085356	0.950684	0.975	186	184
3	MDF 9A9	-240.758073	1.087452	0.846500	0.920	195	193
4	MDF 9A10	-157.034155	1.052597	0.968951	0.984	195	193
5	MDF 12A4	-227.937221	1.084917	0.939220	0.969	154	152
6	MDF 12A6'	-529.032125	1.112270	0.850225	0.922	149	147
7	MDF 12A6"	447.762633	0.868082	0.855070	0.925	61	59
8	MDF 12A8	-240.430365	1.085787	0.921735	0.960	170	168
9	MDF 12B4	-83.797310	0.986024	0.972523	0.986	170	168
10	MDF 12B6	137.812727	0.914028	0.937448	0.968	170	168
11	MDF 18C1	813.230739	0.707054	0.839597	0.916	125	123
12	MDF 18C2	424.665352	0.836507	0.908352	0.953	125	123
13	MDF 18C3'	394.083392	0.852879	0.783447	0.885	63	61
14	MDF 18C3"	599.792949	0.817118	0.841045	0.917	62	60
15	MDF 18C4	64.999154	0.972678	0.889044	0.943	125	123
16	MDF 18C5	-105.675984	1.019463	0.978184	0.989	125	123
17	MDF 19D1	-84.355735	1.097881	0.932504	0.966	124	122
18	MDF 19D2	-134.102165	1.089814	0.910373	0.954	122	120
19	MDF 12E1	-1080.82789	1.082018	0.823600	0.908	60	58
20	MDF 15E1'	-19.242614	1.004731	0.741094	0.860	9	7
21	MDF 15E1"	-282.151469	1.107356	0.850283	0.922	9	7
22	MDF 15E1*	-1151.03878	1.390888	0.922966	0.961	9	7
23	MDF 18F1'	350.710036	0.872727	0.968056	0.984	6	4
24	MDF 18F1"	816.102251	0.751466	0.836050	0.914	6	4

非破损测试技术测定的弹性模量与国家标准破坏试验测得的弹性模量之间存在着显著的相关关系。用线性回归方法研究它们之间的相关性。回归方程,相关系数分别列于表 2。相应的曲线因限于篇幅,只选其具代表性者,列于图 4。

当被测试件足够大而可采用脉冲反射波波速测定法时,不但能确定试件的弹性模量,而且同时能判断试件是否存在缺陷,可以确定缺陷的位置,避免缺陷有关交界面的影响导致依据波的性质预测试件物理力学性能可能产生的偏差^[10]。如果能采用类似于“弹性模量计算机的技术”,由计算机完成输入波形的判断与计算,并将结果显示于屏幕或打印输出,则将会把应力波非破损测试技术推进到一个更高的水平。

4 结论

电子技术的发展,使精密的瞬态测量成

为可能和用应力波确定材料动态力学性能的方法成为现实。弹性模量(E)与波速(C)及试件密度(ρ)之间的关系式: $E=C^2\rho$ 可应用于中密度纤维板应力波非破损测试时计算弹性模量。应力波非破损测试法测定的弹性模量与国家现行标准的破坏性试验测定的弹性模量之间存在着很显著的相关关系。应力波非破损测试法为中密度纤维板的弯曲弹性模量的确定提供了足够精确的保证,测试数据具有较高的精确度与重复精度。测试方法具有较高的分辨率。

5 参考文献

1 张久荣. 中密度纤维板的过去、现在和未来. 世界林业研究,1995(1)
2 杨汉兴. 世界中密度纤维板生产现状和发展趋势概述. 木材工业,1991,5(2)
3 上海人造板机器厂. 日产 55,110m³ 中密度纤维板生产线
4 王首. 开发和推广人造板在工业与民用建筑上的应用势在必行. 光华科技通讯,1992(1)

- 5 Ross J R, F R Pellerin. Nondestructive testing for assessing wood member in structure. FPL-GTR-70, 1994
- 6 Jayne B A. Vibrational properties of wood as indices of quality. Forest Prod. J., 1959, 9(11): 413~416
- 7 成俊卿主编. 木材学. 中国林业出版社, 1985
- 8 Bertholf L D. Use of elementary stress wave theory for prediction of dynamic strain in wood. Washington, Bulletin 291, 1965
- 9 徐灏. 机械设计手册. 机械工业出版社, 1992
- 10 王礼立. 应力波基础. 国防工业出版社, 1985
- 11 Gerhards C C. Longitudinal stress wave for lumber stress grading; Factors affecting applications, State of the art. Forest Prod. J., 1982, 32(2): 20~25

Study on the Modules of Elasticity of MDF Measured by Non-destructive Testing Technology of Stress Wave

Wang Zhitong Cao Zhiqiang Yuan Weiguo

(Research Inst. of Wood Industry, CAF, Beijing 100091)

Abstract Studies on exact measuring methods of stress wave velocity with modern electronic technology; the relationship among modules of elasticity with density and stress wave velocity of materials tested; the correlativity between stress wave and destructive testing according to relevant Chinese National Standard in force were conducted. The research results indicated that the bending modules of elasticity measured by non-destructive testing of stress wave was precise enough and it was possible to develop online quality control system of MDF according to mechanical properties and automatic control system of production line.

Keywords Modules of elasticity; Non-destructive testing; Destructive testing; Stress wave; Correlativity

室内设计与装修

双月刊 每单月 5 日出版

《室内设计与装修》杂志是中国建筑学会室内建筑师学会会刊内容包括: 室内设计理论、设计方法、工程实例、设计师与风格流派、居住环境、建筑装饰材料等。本刊 93 年荣获华东地区优秀期刊评比一等奖; 94 年江苏省优秀期刊一等奖。本刊为国际标准的大 16 开本, 从 1996 年起全部采用进口铜版纸。定价: 8.00 元 邮发代号: 28-141

地址: 南京市龙蟠路南京林业大学内

邮编: 210037 电话: 5422725 联系人: 程小姐

《林业科技通讯》征订启事

《林业科技通讯》是由中国林业科学研究院主办, 林业科技信息研究所编辑出版的中央级综合性林业科技信息刊物。全方位报道我国营林、森林工业、木材加工及综合利用、林产化学工业、林副特产、林业机械及园林等内容。

《林业科技通讯》为月刊, 大 16 开, 48 页。彩色胶印封面, 国内外公开发行。定价 3.5 元, 全年订价 42.00 元。每月 15 日出版, 邮发代号 2—604。欢迎订阅。

致读者:

由于出版社及印刷部门的种种原因, 由本刊代征订的《竹材的工业化利用》与《中密度纤维板生产工艺学》两书延至今日尚未出版, 对此我们深表歉意。最近, 经与中国林业出版社联系获知, 《竹材》一书年内可出版, 《中密度》一书今年底或 96 年初亦可出版。我们将随时与出版社联系, 书到即寄。请注意本刊通知。

(本刊注)