



# 中华人民共和国林业行业标准

LY/T 3297—2022

## 木材剪切模量的动态测试技术

Dynamic test method for shear modulus of wood

2022-09-07 发布

2023-01-01 实施

国家林业和草原局 发布  
中国标准出版社 出版

中国标准出版社

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国木材标准化技术委员会结构用木材分技术委员会(SAC/TC 41/SC 4)提出并归口。

本文件起草单位：南京林业大学、灌南银得隆木业有限公司、中国林业科学研究院木材工业研究所、宁波中加低碳新技术研究院有限公司、江苏森之虎建筑工程有限公司、泰州学院、国家林业和草原局人造板及其制品质量检验检测中心(南京)、东北林业大学、江苏农林职业技术学院。

本文件主要起草人：王正、赵茂程、龚迎春、李迎超、王建和、赵天长、梁星宇、杨小军、许斌、李海涛、胡英成、饶鑫、刘斌。

中国标准出版社

中国标准出版社

# 木材剪切模量的动态测试技术

## 1 范围

本文件规定了采用自由板扭转振型法测定木材剪切模量的仪器与工具、试样、测试步骤、结果计算和测试报告。

本文件适用于木材无疵小试样的剪切模量的动态测定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1927.2—2021 无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第2部分:取样方法和一般要求

GB/T 1927.5—2021 无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第5部分:密度测定

GB/T 1927.10—2021 无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第10部分:抗弯弹性模量测定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**自由板 free-plate**

用两根柔软的弹性绳悬挂的四边无约束的板。

### 3.2

**木材剪切模量 wood shear modulus**

木材在剪切应力作用下,在弹性变形比例极限范围内,切应力与切应变的比值。木材三个主向面,即横切面  $RT$ 、径切面  $LR$  和弦切面  $LT$  对应的剪切模量  $G_{RT}$ 、 $G_{LR}$  和  $G_{LT}$ 。

### 3.3

**振动测试 vibration testing**

由传感器测得振动位移、速度或加速度物理量并转化为电信号,然后经过信号滤波、放大等环节对信号作适当调节,对测试结果进行显示、记录的过程。

### 3.4

**自由板横向振动 transverse vibration**

自由板上质点振动方向与自由板中面相垂直的振动。

### 3.5

**扭转振动频率 frequency of torsional vibration**

自由板第一阶扭转振动所对应的频率。

## 4 测试原理

自由板扭转振型法从板的扭转振型出发,应用能量法导出了自由板一阶扭转频率与木材剪切模量间的关系式。该关系式中引入与自由板试样尺寸和材料类型有关的振型系数。测试时,振动信号由加速度计接受转变成电信号输出,经电信号放大、滤波和模数信号转换后,通过软件和计算机处理,显示出自由板试样的频谱图;依据其频谱图识别试样振动的一阶扭转频率后,由自由板试样一阶扭转频率测试值计算出木材动态剪切模量  $G_{LT}$ 、 $G_{LR}$  和  $G_{RT}$ 。

4.1 测试方法:敲击法测试自由板试样频谱,敲击点位置为板角点,加速度计安装于板边距  $y$  轴  $0.125L$  处(见图 3),单通道采集数据,敲击试样角点激发其自由振动,敲击方法按 5.3 规定。根据本文件中规定的试样尺寸,分析频率范围设为  $1\ 000\ \text{Hz}$ ,低通滤波为  $1\ 000\ \text{Hz}$ ,FFT 块大小为  $4\ 096$ ,触发采集,获得自由板试样的频谱,从频谱图中读出试样的第一阶扭转频率,由一阶扭转频率测试值计算木材主向剪切模量  $G_{LT}$ 、 $G_{LR}$  和  $G_{RT}$ 。每个试样重复测试三次,取其计算剪切模量的平均值作为该试样的剪切模量测试值。

4.2 频谱图上一阶扭转振动频率识别方法。从自由板试样频谱图中识别出自由板的一阶扭转振动频率是测试剪切模量的一个关键环节。频谱图上一阶扭转频率识别依据于自由板扭转振型和弯曲振型的节线位置。自由板的一阶扭转频率在频谱图高峰出现的顺序与树种和试样尺寸有关,对于本文件给定的径切、弦切  $240\ \text{mm} \times 80\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$  试样的尺寸和横切  $175\ \text{mm} \times 35\ \text{mm} \times 7\ \text{mm}$  试样的尺寸以及设置的分析频率范围,从频谱图上识别试样的一阶扭转频率的方法如下:

(1) 在弦切、径切  $240\ \text{mm} \times 80\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$  试样  $1\ 000\ \text{Hz}$  频率范围的频谱图上,一般只出现两个高峰,若这时再作敲击板中心点的频谱,从两个高峰中下降的那个峰读出的频率便是自由板试样的一阶扭转频率;可能会在  $1\ 000\ \text{Hz}$  频谱上只出现一个高峰,此时从这一个高峰读出的频率就是试样的一阶扭转频率。

(2) 在横切  $175\ \text{mm} \times 35\ \text{mm} \times 7\ \text{mm}$  试样  $1\ 000\ \text{Hz}$  频率范围的频谱图上,一般出现两个高峰,若这时再作敲击板中心点的频谱,从两个高峰中下降的那个峰读出的频率便是试件的一阶扭转频率;可能会在  $1\ 000\ \text{Hz}$  频谱上出现三个高峰。对第二个、第三个高峰而言,若这时敲击板边距  $y$  轴  $0.375L$  处(见图 3 上的坐标系),从不下降的高峰读出的频率就是试样的一阶扭转频率。

## 5 仪器与工具

### 5.1 概述

测试采用的仪器与工具主要有:悬挂装置、瞬态激励装置和频谱仪或具有动态信号采集与分析功能的系统。

### 5.2 悬挂装置

采用弹性绳悬挂试样,实现试样水平状态,其两根弹性绳刚性系数  $< 0.4\ \text{N/cm}$ ,如图 1 所示。

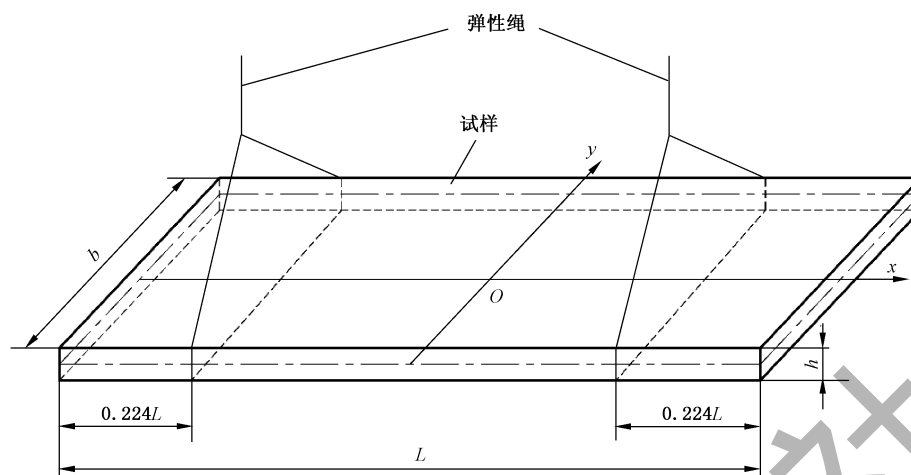


图 1 试样悬挂装置示意图

### 5.3 瞬态激励装置

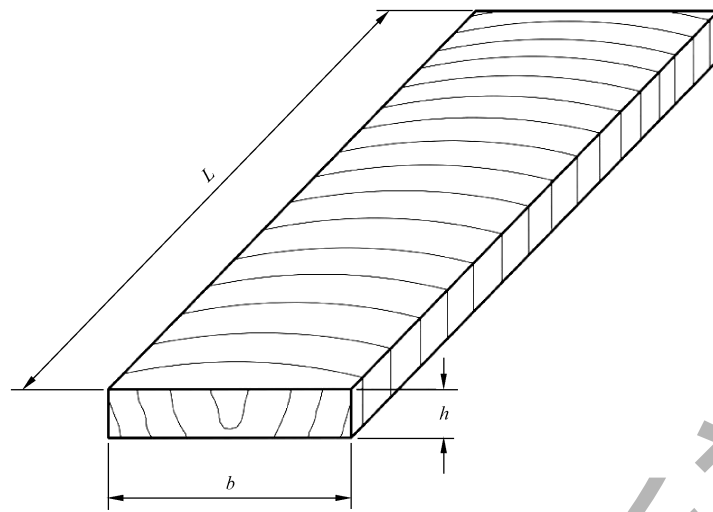
瞬态激励装置应能够保证试样产生横向振动。采用瞬态激励方式,以锤击试样角点进行激励,保证试样在发生弯曲振动同时产生扭转振动,如图 3 所示。其中,锤头材质为尼龙头或橡胶头。保持锤击力度适中,避免产生连击。

### 5.4 动态信号采集与分析系统

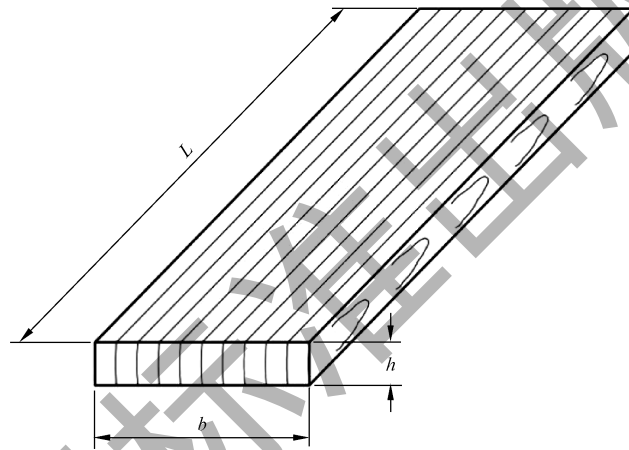
该系统主要组成:加速度计和动态信号分析系统(频谱分析仪或具有谱分析的 digital 采集系统);宜采用小质量的压电式加速度计(质量不大于 1.5g)。

## 6 试样

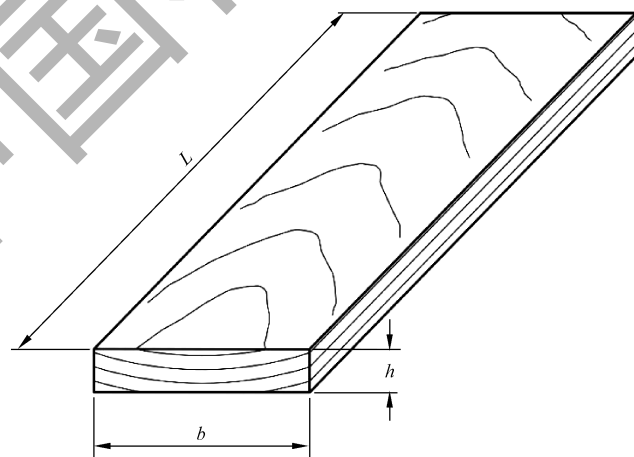
6.1 试材锯解及试样截取应符合 GB/T 1927.2—2021 中第 4 章的规定执行。试样应为矩形截面板,且严格按横切面  $RT$ 、径切面  $LR$  和弦切面  $LT$  方向下料,如图 2 所示。试样尺寸为弦切面板、径切面板为  $(240 \pm 1) \text{ mm} \times (80 \pm 1) \text{ mm} \times (10 \pm 0.02) \text{ mm}$ ,横切面板为  $(175 \pm 1) \text{ mm} \times (35 \pm 1) \text{ mm} \times (7 \pm 0.02) \text{ mm}$ ,试样数量各为 30 个。试样截面形状和尺寸在整个长度方向上应保持一致,试样横截面至少包含一个早材和晚材。



a) 横切面板



b) 径切面板



c) 弦切面板

图2 试样三切面板示意图

6.2 试样制作精度和检查、试样含水率的调整应分别符合 GB/T 1927.2—2021 中 4.6、5.2、5.3 的规定。



## 7 测试步骤

### 7.1 测试系统连接

按照 GB/T 1927.5—2021 中第 6 章的规定测试试样的气干密度。按图 1 实现悬挂装置,按图 3 连接各仪器。

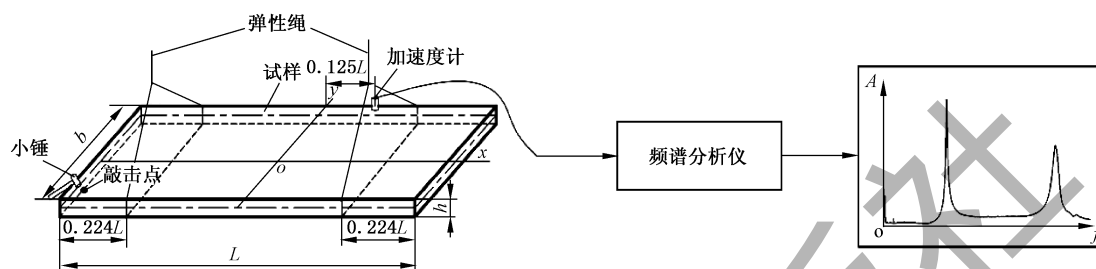


图 3 试样频谱测试系统示意图

### 7.2 输入作业文件名及其参数设置

在软件上输入作业文件名;主要参数设置:触发采集、分析频率(1 000 Hz)、滤波频率(1 000 Hz)、FFT 块大小(4 096)、平均次数(2 次)。

### 7.3 示波

打开测试仪器电源,按图 3 锤击试样角点连续激振,观察其波形是否合理。

### 7.4 信号采集

以锤击试样角点进行激振,得到波形和频谱,文件存盘。激振时应保持锤击力度适中,避免产生连击。每块试样 3 次测量。

### 7.5 剪切模量值的测定

测试试样频谱,按 4.2 规定,在频谱图上读取自由板试样一阶扭转频率,由自由板试样一阶扭转频率测试值计算出木材动态剪切模量。

### 7.6 小样块含水率的测定

剪切模量测定后,应立即于试样中部截取约 20 mm 长的小样块一个,按 GB/T 1931—2009 测定小样块含水率。

## 8 计算结果

8.1 试样含水率  $W$  的弦切面动态剪切模量  $G_{LT}$  按式(1)计算,径切面动态剪切模量  $G_{LR}$  按式(2)计算,横切面动态剪切模量  $G_{RT}$  按式(3)计算,精确至 10 MPa。

$$G_{LT} = \frac{\pi^2 \rho L^2 b^2 f_{1t}^2}{32.03 \beta h^2} \times 10^{-9} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$G_{LR} = \frac{\pi^2 \rho L^2 b^2 f_{1t}^2}{31.64 \beta h^2} \times 10^{-9} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$G_{RT} = \frac{\pi^2 \rho L^2 b^2 f_{1t}^2}{30.67 \beta h^2} \times 10^{-9} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $G$  ——剪切模量,单位为兆帕(MPa)；
- $\rho$  ——试样密度,单位为克每立方厘米(g/cm<sup>3</sup>)；
- $L$  ——试样长度,单位为毫米(mm)；
- $b$  ——试样宽度,单位为毫米(mm)；
- $h$  ——试样厚度,单位为毫米(mm)；
- $f_{1t}$  ——试样一阶扭转频率值,单位为赫兹(Hz)；
- $\beta$  ——截面因子,截面因子按式(4)计算,精确至小数点后的第4位。

$$\beta \approx \frac{1}{16} \left[ \frac{16}{3} - 3.36 \frac{h}{b} \left( 1 - \frac{h^4}{12b^4} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $b$  ——试样宽度,单位为毫米(mm)；
- $h$  ——试样厚度,单位为毫米(mm)。

8.2 试样含水率为12%时,动态剪切模量按 GB/T 1927.10—2021 中 8.2 的规定计算。

8.3 试材的剪切模量是同一批试样所有试样测试值的算术平均值,精确到 10 MPa。

## 9 测试报告

测试报告按 GB/T 1927.2—2021 中 5.6 规定的内容填写。参见附录 A 编制测试记录表,内容包括：

- a) 树种；
- b) 场地；
- c) 实验室温度；
- d) 实验室相对湿度；
- e) 试样编号；
- f) 试样尺寸；
- g) 试样质量；
- h) 试样密度；
- i) 一阶扭转频率；
- j) 木材剪切模量；
- k) 小样块质量；
- l) 小样块含水率。

附 录 A  
(规范性)  
木材剪切模量测试记录表

木材剪切模量动测测试记录表见表 A.1。

表 A.1 木材剪切模量动态测试记录表

树种：                      产地：                      实验室温度/℃：                      实验室相对湿度/%：

试样 编号	试样尺寸/mm			试样质量 g	试样密度 g/cm <sup>3</sup>	一阶扭转 频率 Hz	木材剪切模量 G/MPa			小样块 质量/g		小样块 含水率 %	备注
	长度	宽度	厚度				弦切面 <i>G<sub>LT</sub></i>	径切面 <i>G<sub>LR</sub></i>	横切面 <i>G<sub>RT</sub></i>	试验时	全干时		

年    月    日

测定：

计算：

审核：

\_\_\_\_\_

中国标准出版社

中华人民共和国林业  
行业标准  
木材剪切模量的动态测试技术  
LY/T 3297—2022

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238  
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

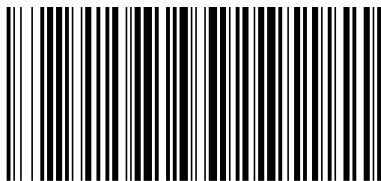
\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 14 千字  
2023年2月第一版 2023年2月第一次印刷

\*

书号: 155066·2-37079 定价 20.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



LY/T 3297-2022



码上扫一扫 正版服务到