

中国工程建设标准化协会标准

摆锤敲击法检测木材强度  
技术规程

Technical specification for testing strength of timber by  
pendulum bob knocking-in resistance method

**T/CECS 965 - 2021**

主编单位：中建土木（北京）工程检测鉴定中心  
诸暨市宏泰工程检测有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 2 2 年 5 月 1 日

中国建筑工业出版社

2021 北 京

## 中国工程建设标准化协会公告

第 1017 号

### 关于发布《摆锤敲入法检测木材强度 技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2018〕030 号)的要求,由中建土木(北京)工程检测鉴定中心、诸暨市宏泰工程检测有限公司等单位编制的《摆锤敲入法检测木材强度技术规程》,经本协会建筑材料分会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS 965-2021,自 2022 年 5 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会  
2021 年 12 月 20 日

### 中国工程建设标准化协会标准 摆锤敲入法检测木材强度 技术规程

Technical specification for testing strength of timber by  
pendulum bob knocking-in resistance method

T/CECS 965 - 2021

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路 9 号)  
各地新华书店、建筑书店经销  
北京红光制版公司制版  
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

\*

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张: 1 1/4 字数: 28 千字

2022 年 5 月第一版 2022 年 5 月第一次印刷

印数: 1—1000 册

定价: 16.00 元

统一书号: 15112·38472

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社图书出版中心退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2018〕030 号)要求,规程编制组经过深入调查研究,认真总结实践经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分 5 章和 3 个附录,主要技术内容包括:总则、术语和符号、检测仪器、检测方法、木材弦向静曲强度计算及推定等。

本规程的某些内容涉及摆锤敲击法检测材料强度的装置(ZL 2017 2 0118021.2)和摆锤敲击仪(ZL 2019 3 0291656.7)等专利。涉及专利的具体技术问题,使用者可直接与本规程的主编单位协商处理,本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑材料分会归口管理,由中建土木(北京)工程检测鉴定中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请将有关资料和建议寄送解释单位(北京市朝阳区胜古南里 18 号楼 8-102,邮政编码:100029),以供修订时参考。

**主 编 单 位:** 中建土木(北京)工程检测鉴定中心  
诸暨市宏泰工程检测有限公司

**参 编 单 位:** 中国建筑科学研究院有限公司  
安徽省建筑工程质量监督检测站  
青岛理工大学工程质量检测鉴定中心  
吉林省建筑材料工业设计研究院  
长春市建筑工程质量检测中心

周口公正建设工程检测咨询有限公司  
鄂尔多斯市交通运输工程质量监测鉴定服务中心

山西博奥检测股份有限公司  
济南朗睿检测技术有限公司

**主要起草人:** 袁海军 阮王伟 王泽斐 周海斌 侯高峰  
李景兵 吕耀鹏 梁 杰 彭建和 李姣晏  
高俊峰 李 峰 高向向 谢安国 谢瑜昱  
袁绍敏 孙强强 徐 进 田东玲 王振华  
张 勇 郭耀庭 李 进 王 磊 张 强  
牛 寅 袁绍翔 邹志博 方力强

**主要审查人:** 刘 柯 张天申 唐曹明 曾德民 刘立渠  
幸坤涛 徐伟涛

## 目 次

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 1 总则 .....                    | ( 1 ) |
| 2 术语和符号 .....                 | ( 2 ) |
| 2.1 术语 .....                  | ( 2 ) |
| 2.2 符号 .....                  | ( 2 ) |
| 3 检测仪器 .....                  | ( 4 ) |
| 3.1 仪器及性能 .....               | ( 4 ) |
| 3.2 检定与校准 .....               | ( 5 ) |
| 3.3 核查与保养 .....               | ( 6 ) |
| 4 检测方法 .....                  | ( 7 ) |
| 5 木材弦向静曲强度计算及推定 .....         | ( 9 ) |
| 附录 A 摆锤敲入法检测木材弦向静曲强度记录表 ..... | (11)  |
| 附录 B 木材专用测强曲线制定方法 .....       | (12)  |
| 附录 C 检测报告 .....               | (14)  |
| 本规程用词说明 .....                 | (15)  |
| 引用标准名录 .....                  | (16)  |
| 附：条文说明 .....                  | (17)  |

## Contents

|                                                                                            |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 General provisions .....                                                                 | ( 1 ) |
| 2 Terms and symbols .....                                                                  | ( 2 ) |
| 2.1 Terms .....                                                                            | ( 2 ) |
| 2.2 Symbols .....                                                                          | ( 2 ) |
| 3 Testing instruments .....                                                                | ( 4 ) |
| 3.1 Instruments and performance .....                                                      | ( 4 ) |
| 3.2 Verification and calibration .....                                                     | ( 5 ) |
| 3.3 Check and maintenance .....                                                            | ( 6 ) |
| 4 Testing method .....                                                                     | ( 7 ) |
| 5 Calculation and inference of timber chordwise<br>static bending strength .....           | ( 9 ) |
| Appendix A Testing record table for strength of<br>timber .....                            | (11)  |
| Appendix B Method of formulating for special curve of<br>testing strength for timber ..... | (12)  |
| Appendix C Testing report .....                                                            | (14)  |
| Explanation of Wording in this specification .....                                         | (15)  |
| List of quoted standards .....                                                             | (16)  |
| Addition; Explanation of provisions .....                                                  | (17)  |

## 1 总 则

**1.0.1** 为了规范使用摆锤敲入法检测木材弦向静曲强度技术，保证工程现场检测数据准确、评价正确，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于工程结构中木材弦向静曲强度的现场无损检测，不适用于遭受虫蛀、化学侵蚀等木材的现场无损检测。

**1.0.3** 摆锤敲入法检测木材弦向静曲强度，除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

**2.1.1 摆锤敲入法检测** test by pendulum bob knocking-in resistance method

摆锤敲入仪锤头自由下摆将测钉敲入木材中,依据测钉的敲入深度来推定木材弦向静曲强度的检测方法。

**2.1.2 构件** member

组成房屋整体结构的基本单元,除板构件外的以一层高、一自然间的一轴线为一个构件。

**2.1.3 检验批** inspection lot

木材种类相同,由一定数量构件构成的检测对象。

**2.1.4 测点** test point

在构件上按检测方法要求布置的若干个检测点。

**2.1.5 测孔** pin hole

摆锤敲入法检测后,在木材上所留下的孔。

**2.1.6 木材弦向静曲强度换算值** conversion value of timber chordwise static bending strength

依据测钉敲入木材的深度,通过测强曲线计算得到的木材弦向静曲强度值。

### 2.2 符 号

$d_i$  ——木材第  $i$  个测点的敲入深度值;

$f_{m,e}$  ——木材弦向静曲强度推定值;

$f_{m,j}^c$  ——第  $j$  个构件的木材弦向静曲强度换算值;

$f_{m,\min}^c$  ——同批构件中木材弦向静曲强度换算值的最小值;

$m_j$  ——第  $j$  个构件木材的敲入深度平均值;

$W$  ——试样含水率。

### 3 检测仪器

#### 3.1 仪器及性能

3.1.1 摆锤敲入法检测仪器应包括摆锤敲入仪（图 3.1.1-1）和深度测量表（图 3.1.1-2）。

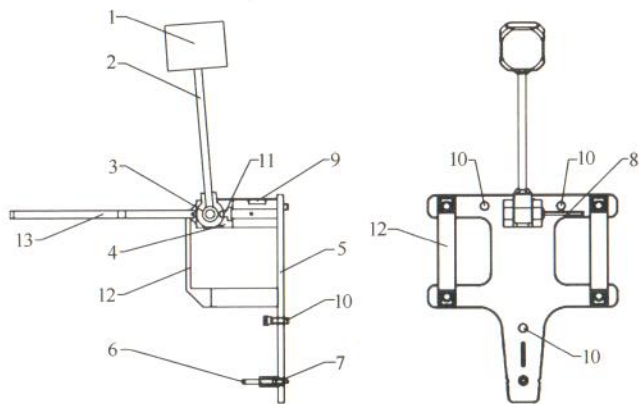


图 3.1.1-1 摆锤敲入仪构造示意

1—锤头；2—摆杆；3—轴承；4—悬臂；5—竖板；6—测钉；7—测钉座；  
8—激发杆；9—水准泡；10—调节螺丝；11—限位销；  
12—把手；13—防护架

3.1.2 摆锤敲入仪应符合下列技术规定：

- 1 锤头质量应为 $(2 \pm 0.02)$ kg；
- 2 摆杆直径应为 $(10 \pm 0.1)$ mm；
- 3 轴承中心到锤头中心的距离应为 $(223 \pm 2)$ mm；
- 4 摆动角度应为 $(175 \pm 1)^\circ$ ；
- 5 将摆锤敲入仪水平向固定于支架上，锤头自由摆动至最低点时的速度不应小于 1.93m/s。

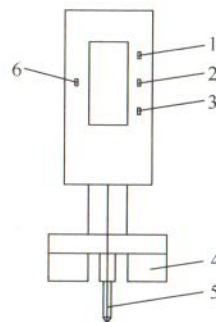


图 3.1.1-2 深度测量表示意

1—保持键；2—清零键；3—开关；4—扁头；  
5—尖测针；6—测量单位选择键

3.1.3 深度测量表的最大量程不应小于 20.00mm，测量表的分度值应为 0.01mm。

3.1.4 测钉宜采用工具钢，其洛氏硬度（HRC）宜为 45~50，并应符合下列规定：

- 1 细端应为平头，角部有半径为 1mm 的倒角；
- 2 细端长度应为 16.00mm~16.10mm，直径应为 $(4.00 \pm 0.06)$ mm；
- 3 过渡段长度应为 4.00mm~4.10mm；
- 4 粗端长度应为 40.00mm~40.10mm，直径应为 $(6.00 \pm 0.06)$ mm。

3.1.5 深度测量表使用的环境温度应为 $-4^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 。

3.1.6 摆锤敲入仪和深度测量表应具有产品合格证。

#### 3.2 检定与校准

3.2.1 深度测量表应经计量部门检定合格。

3.2.2 摆锤敲入仪应由校准机构进行校准，校准周期宜为 3 年。

3.2.3 当出现下列情况之一时，应对摆锤敲入仪进行校准：

- 1 新仪器启用前;
- 2 达到校准周期;
- 3 更换主要零件或对仪器进行过调整;
- 4 检测数据异常。

3.2.4 摆锤敲入仪的校准应符合本规程第 3.1.2 条第 5 款的要求,并由校准机构出具相应的校准证书。

### 3.3 核查与保养

3.3.1 使用摆锤敲入仪前应对仪器进行核查,将摆锤敲入仪水平固定于支架上时,锤头自顶部自由下摆后的持续摆动时间不应少于 4min。

3.3.2 当摆锤敲入仪存在下列情况之一时,应进行保养:

- 1 敲入次数超过 1000 次;
- 2 将摆锤敲入仪水平固定于支架上,锤头自顶部自由下摆后的持续摆动时间少于 4min;
- 3 对检测结果有怀疑。

3.3.3 摆锤敲入仪应按下列要求保养:

- 1 清洁摆锤敲入仪各部件,在轴承处涂抹钟表油;
- 2 当检测仪器长时间不用时,应将深度测量表内的电池取出;
- 3 摆锤敲入仪使用完毕后,应清除污垢、灰尘,将仪器存放于干燥处。

## 4 检测方法

4.0.1 用摆锤敲入法检测的木材应符合下列规定:

- 1 木材应为原木、方木;
- 2 木材表面应干燥、清洁、平整;
- 3 木材厚度不应小于 50mm,原木直径不应小于 100mm。

4.0.2 检测木材弦向静曲强度时,委托单位宜提供下列资料:

- 1 建设单位、设计单位、施工单位名称;
- 2 工程名称、结构类型及工程图纸;
- 3 木材种类;
- 4 施工建造日期;
- 5 检测原因。

4.0.3 木材弦向静曲强度的检测,可按单个构件或按检验批抽样进行检测。按检验批抽样检测时,一个检验批抽样数不应少于 6 个构件。当一个检验批不足 6 个构件时,应对每个构件进行检测。

4.0.4 构件上测区、测点的布置应符合下列规定:

1 应避开木节、裂缝等部位,在构件支座附近或设有侧向支撑的部位,沿构件轴线中心布置测区;应避免构件因摆锤敲入检测而出现颤抖现象;

2 所测构件上应布置 12 个测点,两相邻测点间的距离不宜小于 30mm,测点与构件边缘的距离不宜小于 20mm。

4.0.5 摆锤敲入法检测应按下列程序操作:

1 将锤头提至顶部,测钉插入竖板上的测钉座中,测钉细端朝向被测构件,测钉座对准被测木材;

2 将摆锤敲入仪的竖板紧贴在构件上,使竖板处于铅直位

置；当构件本身不完全铅直时，可调整摆锤敲入仪上的调节螺丝，水准泡应居中；

3 紧压摆锤敲入仪的把手，确认水准泡居中，并在确保锤头下摆不会伤及检测人员自身安全的前提下，拇指压激发杆，使锤头自由下摆，将测钉敲入木材中。

4.0.6 当检测过程中摆锤敲入仪出现滑动时，检测数据无效，应重新选定测点。

4.0.7 测钉敲入深度的测量应按下列程序操作：

1 开启深度测量表，将其置于平整量块上（图 4.0.7），当扁头端面和平整量块表面重合时，将深度测量表的示值调为零；

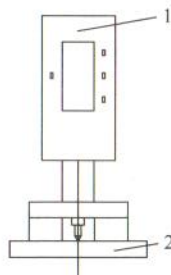


图 4.0.7 深度测量表读数调零示意

1—深度测量表；2—钢制平整量块

2 将测钉从木材中拔出；

3 将深度测量表的尖测针对准测孔，使深度测量表扁头紧贴被测木材，并保持测量表垂直于被测木材的表面，从测量表中读取显示值  $d_i$  并记录，精确至 0.01mm。摆锤敲入法检测木材弦向静曲强度的记录可采用本规程附录 A 的记录表。

## 5 木材弦向静曲强度计算及推定

5.0.1 计算第  $j$  个构件木材的敲入深度平均值时，应先剔除 12 个测量值中的 1 个最大值和 1 个最小值后，按下式计算：

$$m_j = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} d_i \quad (5.0.1)$$

式中： $m_j$ ——第  $j$  个构件木材的敲入深度平均值（mm），精确至 0.01mm；

$d_i$ ——木材第  $i$  个测点的敲入深度值（mm），精确至 0.01mm。

5.0.2 第  $j$  个构件木材的弦向静曲强度换算值应按下列式计算：

$$f_{m,j}^c = 295.0 m_j^{-0.66} \quad (5.0.2)$$

式中： $f_{m,j}^c$ ——第  $j$  个构件木材的弦向静曲强度换算值（MPa），精确至 0.1MPa。

5.0.3 当需要制定某项目的专用测强曲线时，其测强曲线的制定应符合本规程附录 B 的规定。

5.0.4 木材弦向静曲强度的推定，应符合下列规定：

1 当按单个构件检测时，木材弦向静曲强度推定值应按下列式计算：

$$f_{m,e}^c = 0.9 f_{m,j}^c \quad (5.0.4-1)$$

式中： $f_{m,e}^c$ ——木材弦向静曲强度推定值（MPa）；

$f_{m,j}^c$ ——第  $j$  个构件木材弦向静曲强度换算值（MPa），精确至 0.1MPa。

2 当按批抽检时，检验批木材弦向静曲强度推定值应按下列式计算：

$$f_{m,e}^c = f_{m,\min}^c \quad (5.0.4-2)$$

式中:  $f_{m,\min}^c$  ——同批构件中木材弦向静曲强度换算值的最小值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

**5.0.5** 木材的强度等级宜按表 5.0.5 中的木材弦向静曲强度推定值中最低强度确定。对于树种不详的木材, 宜按阔叶材选取。

**表 5.0.5 木材强度等级的确定**

| 木材种类       | 针叶材  |      |      |      | 阔叶材  |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 最低强度 (MPa) | 44   | 51   | 58   | 72   | 58   | 68   | 78   | 88   | 98   |
| 强度等级       | TC11 | TC13 | TC15 | TC17 | TB11 | TB13 | TB15 | TB17 | TB20 |

**5.0.6** 摆锤敲入法检测木材强度报告可按本规程附录 C 的规定编写。

## 附录 A 摆锤敲入法检测木材弦向静曲强度记录表

**表 A 摆锤敲入法检测木材弦向静曲强度记录表**

共 页 第 页

|                                                                                                                                                                                  |                                           |         |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------|-----------------|
| 工程名称:                                                                                                                                                                            |                                           | 构件部位:   |                 |
| 检测仪器型号及编号:                                                                                                                                                                       |                                           | 构件表面状况: |                 |
| 木材的种类:                                                                                                                                                                           |                                           | 施工建造日期: |                 |
| 环境温度:                                                                                                                                                                            |                                           | 检测依据:   |                 |
| 序号                                                                                                                                                                               | 敲入深度 $d_i$ (mm)                           | 序号      | 敲入深度 $d_i$ (mm) |
| 1                                                                                                                                                                                |                                           | 7       |                 |
| 2                                                                                                                                                                                |                                           | 8       |                 |
| 3                                                                                                                                                                                |                                           | 9       |                 |
| 4                                                                                                                                                                                |                                           | 10      |                 |
| 5                                                                                                                                                                                |                                           | 11      |                 |
| 6                                                                                                                                                                                |                                           | 12      |                 |
| 备注                                                                                                                                                                               | 计算木材的敲入深度平均值时, 去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值 |         |                 |
| <p>第 <math>j</math> 个构件木材的敲入深度平均值 <math>m_j = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} d_i =</math></p> <p>第 <math>j</math> 个构件木材的弦向静曲强度换算值 <math>f_{m,j}^c = 295.0 m_j^{-0.66} =</math></p> |                                           |         |                 |

检测:

记录:

校核:

检测日期:

## 附录 B 木材专用测强曲线制定方法

**B.0.1** 试验宜选取不少于 5 种不同强度的木材进行。对每一品种的木材,应制作长度不小于 500mm 的方木、原木试件;方木横截面的短边不应小于 50mm,原木直径不应小于 100mm。

**B.0.2** 对试件和木条进行检测和试验时,应符合下列规定:

1 将试件置于试验机的下承压板上,加压 60kN~80kN。按本规程第 4 章的要求,对试件进行摆锤敲入检测,每个试件上检测 12 个测点,去掉 12 个测点中的 1 个最大值和 1 个最小值,将其余 10 个敲入深度平均值作为代表值  $m$  (mm),精确至 0.01mm。

2 从试件上截取 3 个 20mm×20mm×300mm 的木条,长度为木材顺纹方向。木条的截取应符合现行国家标准《木材物理力学试材锯解及试样截取方法》GB/T 1929 的规定。

3 按现行国家标准《木材抗弯强度试验方法》GB/T 1936.1 的有关规定,对 20mm×20mm×300mm 的试件进行木材弦向静曲强度试验。木材弦向静曲强度应按式 (B.0.2) 计算,并应取 3 个试件的强度平均值为代表值 (MPa),精确至 0.1MPa。

$$f_m = \frac{3P_{\max}l}{2bh^2}[1 + 0.04(W - 12)] \quad (\text{B.0.2})$$

式中:  $f_m$  ——木材弦向静曲强度 (MPa),精确至 0.1MPa;

$P_{\max}$  ——破坏荷载 (N);

$l$  ——两支座间跨度 (mm);

$b$  ——试件宽度 (mm);

$h$  ——试件高度 (mm);

$W$  ——试样含水率 (%),宜在 9%~15% 范围内。

**B.0.3** 专用测强曲线的计算应符合下列规定:

1 专用测强曲线的回归方程式应按每一组试件的代表值  $f_m$  和对应木材的敲入深度平均值  $m$  数据,采用最小二乘法进行计算。

2 回归方程式宜采用下式:

$$f_m = \alpha \times m^\beta \quad (\text{B.0.3})$$

式中:  $\alpha$ 、 $\beta$  ——测强曲线回归系数;

$m$  ——敲入深度平均值 (mm);

$f_m$  ——第  $j$  组木材试件弦向静曲强度换算值 (MPa)。

**B.0.4** 测强曲线的平均相对误差应为  $\pm 15\%$ ,相对标准差不应大于 17%。平均相对误差和相对标准差按下式计算:

$$m_\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left| \frac{f_{m,j}^c}{f_{m,j}} - 1 \right| \times 100\% \quad (\text{B.0.4-1})$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n \left( \frac{f_{m,j}^c}{f_{m,j}} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中:  $m_\delta$  ——木材弦向静曲强度换算值相对于实测木材弦向静曲强度值的平均相对误差,精确至 0.1%;

$e_r$  ——木材弦向静曲强度换算值相对于实测木材弦向静曲强度值的平均相对标准差,精确至 0.1%;

$f_{m,j}^c$  ——第  $j$  组木材试件弦向静曲强度换算值 (MPa),精确至 0.1MPa。

$f_{m,j}$  ——第  $j$  组木材试件弦向静曲强度平均值 (MPa),精确至 0.1MPa。

$n$  ——用于建立测强曲线的木材试件组数。

## 附录 C 检 测 报 告

### C.0.1 检测报告宜包括下列内容:

- 1 委托单位、设计单位及施工单位名称;
- 2 建筑工程概况,包括工程名称、结构类型、规模、施工日期、现状及结构平面图;
- 3 检测原因;
- 4 检测项目、检测方法、检测数量及检测依据;
- 5 木材弦向静曲强度等级,检测数据及检测结果;
- 6 出具报告的单位名称,主检、审核及批准人员签字;
- 7 检测及出具报告的日期。

### C.0.2 对于无法用文字表述清楚的内容,应附简图。

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《木材物理力学试材锯解及试样截取方法》GB/T 1929

《木材抗弯强度试验方法》GB /T 1936.1

中国工程建设标准化协会标准

## 摆锤敲入法检测木材强度 技术规程

T/CECS 965 - 2021

条文说明

## 目 次

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 1 总则 .....            | (20) |
| 3 检测仪器 .....          | (21) |
| 3.1 仪器及性能 .....       | (21) |
| 3.2 检定与校准 .....       | (22) |
| 3.3 核查与保养 .....       | (23) |
| 4 检测方法 .....          | (25) |
| 5 木材弦向静曲强度计算及推定 ..... | (26) |

## 1 总 则

**1.0.1** 工程结构中木材弦向静曲强度是工程质量事故和既有建筑物鉴定的重要数据基础,科学准确地检测木材弦向静曲强度至关重要。摆锤敲入法是一种根据摆锤将测钉敲入木材中的深度确定木材弦向静曲强度的原位无损检测方法,操作简单、检测快捷、检测结果精度较高,受人为影响因素小,具有比较广阔的应用前景。

**1.0.2** 当木材遭受火灾、腐朽等损伤时,会引起木材内、外质量不一致,不能直接用摆锤敲入法检测,需要对检测面进行处理。对轻度腐朽木材需对表面进行打磨处理;对火灾后的木材需凿除碳化层露出未烧伤原木,才能做检测。摆锤敲入法检测技术适用于内、外质量一致的木材弦向静曲强度的检测。

**1.0.3** 正常情况下,木材弦向静曲强度的检验和评定应按国家现行有关标准执行,不允许用本规程取代制作试件的规定。但是,当工程中所用木材弦向静曲强度不符合相关标准规范的要求或对其有怀疑,以及对既有建筑进行检测鉴定时,可按本规程进行检测,并作为木材弦向静曲强度检测的依据。

## 3 检测仪器

### 3.1 仪器及性能

**3.1.1** 摆锤敲入仪是通过测钉敲入构件的深度推定构件材料强度的一种新型检测仪器。摆锤敲入仪主要由锤头、摆杆、轴承、悬臂、竖板、测钉、测钉座、激发杆、水准泡、调节螺丝、限位销、把手、防护架等组成。摆锤敲入仪涉及摆锤敲击法检测材料强度的装置(ZL 2017 2 0118021.2)和摆锤敲入仪(ZL 2019 3 0291656.7)等专利,使用者可直接与本规程的第一主编单位协商处理。

深度测量表是用数显式百分表改制而成,精度高且可靠耐用。为了准确地测定敲入的深度,摆锤敲入仪测钉敲入部分的直径为4mm,深度测量表测针的直径为3.5mm。

**3.1.2** 摆锤敲入仪的敲入能量是通过锤头自由下摆的摆动获得的。锤头的重量、摆杆的长度、轴承到锤头中心的距离等性能指标决定了敲入能量的大小。通过试验确定敲入能量为8.80J是较为合适的,如果能量较小,其相应敲入深度小,不同强度的材料,敲入深度不易被拉开;如果能量过大,同时考虑到检测人员安全操作的需要,不能通过加长摆杆的长度,只能增加锤头的重量,从而引起摆锤敲入时离心力的增加,这样就难以满足检测时一个人对摆锤敲入仪操控的需要。

摆锤敲入仪的摆动角度为 $175^{\circ}$ ,是考虑在不借助外力的作用下摆锤便可自由下摆,从而确保摆锤敲入仪具有固定的敲入能量。当摆锤敲入仪经长时间的使用,有可能阻尼增大,测量自由摆动速度的目的是保证其敲击时能量不变。

**3.1.4** 工具钢硬度高,且其韧性、耐磨性和耐热性均较好,是

制作测钉的理想材料。测钉的形状和几何尺寸是通过试验确定的。测钉的细端为敲入端，角部有半径为 1mm 的倒角。当细端为平头时，一方面，测钉不易磨损，另一方面，对于不同强度的材料，在测钉大小不变的情况下，敲入的深度变化量与材料强度间的相关性更好；过渡段与粗端的设计主要是为了增强测钉的刚度，提高测钉的重复使用次数。当测钉的几何尺寸和公差不能满足本规程要求时，将影响检测结果的精度。

**3.1.5** 环境温度异常时，对深度测量表的性能有影响，故规定了其使用环境温度应为  $(-4\sim 40)^{\circ}\text{C}$ 。

**3.1.6** 摆锤敲入仪为计量仪器，应在其明显位置标注名称、型号、制造厂名、生产日期及出厂编号。

### 3.2 检定与校准

**3.2.1** 深度测量表的准确性对检测结果的影响较大，使用前应经法定部门检定合格。

**3.2.2** 仪器的校准是为了保证仪器的检测状态满足摆锤敲入仪的技术要求。只有统一仪器的性能，才能适用规程所建立的测强曲线，才能保证检测结果的可靠性，才能在同一水平上进行比较。由于仪器在使用中，轴承转动时的摩擦力会随着仪器的使用次数、油的黏度的变化而发生变化，因此本规程规定了定期校准的要求。

**3.2.3** 当更换或调整仪器的主要零件时，轴承到锤头中心的距离、摆动角度等技术指标会发生变化，因此在更换主要零件或对仪器进行调整时应进行校准。

摆锤敲入仪其重量是恒定的，不像回弹仪、贯入仪依靠弹簧拉伸或压缩来提供能量，而弹簧随着使用次数的增加，其刚度会降低。当摆锤敲入仪锤头缺损或锈蚀严重，有可能导致质量发生改变，超出其允许偏差范围时，应更换摆锤敲入仪。

**3.2.4** 摆锤敲入仪在使用前，应由校准机构对其进行校准，校

准结果应符合本规程的技术要求。摆锤敲击时的能量大小与速度直接相关，计量部门可用激光测量装置，对摆锤的速度进行测试。如果竖向放置摆锤敲入仪，测试最低点的速度，由于水平向撞击作用，其测试结果波动较大；而水平向放置摆锤敲入仪，测试最低点的速度，无水平向撞击作用，其测试结果波动较小。

### 3.3 核查与保养

**3.3.1** 为便于检测单位对有效期内的摆锤敲入仪进行期间核查，可制作摆锤敲入仪期间核查用的支架（图 1）。支架由 1 块尺寸为  $400\text{mm}\times 240\text{mm}\times 10\text{mm}$  的钢板和 2 根高 350mm、宽 200mm、直径不小于 14mm 的“U”形钢筋焊接而成，2 根“U”形钢筋间距为 200mm。

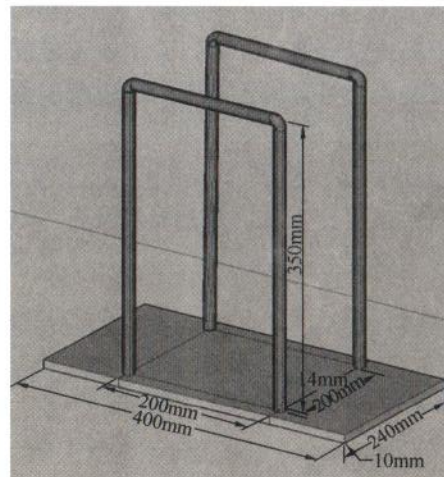


图 1 摆锤敲入仪期间核查用的支架

在对摆锤敲入仪期间核查时，将摆锤敲入仪放在支架上，固定摆锤敲入仪和激发杆，将锤头提至最高处，使锤头自由下摆，摆锤自由摆动一个周期为一次，当摆锤自由摆动的时间少于

4min 时，应对仪器维修、调试，并重新进行校准。将摆锤敲入仪水平置于支架上，测试其自由摆动的持续时间是为了验证摆锤自由下摆时的阻尼。经理论计算和实际测试，摆锤敲入仪自由摆动的周期约为 1s，自由摆动的持续时间不少于 4min，即自由摆动的次数不少于 240 次。

## 4 检测方法

**4.0.1** 本规程检测对象仅限于原木、方木，不包括胶合木。经对比试验，木材受潮后表面硬度降低，当对其进行敲入法检测时，敲入深度会变大；木材置于一定的环境下，在足够长的时间后，其含水率会趋于一个平衡值（即平衡含水率）；室内正常干燥环境下，木材的平衡含水率年平均值通常为 9%~15%。在用摆锤敲入法检测木材强度时，被检测木材表面应为自然干燥状态。

**4.0.4** 对于长细比较大的构件，检测时有可能出现构件颤抖现象，摆锤的能量有所损失，易引起摆锤敲入偏小，影响检测精度。这时应重新布置测区，将测区布置在构件交接处附近，以增大其侧向刚度。

**4.0.7** 敲入试验后，如测孔内有异物，可用橡皮吹气球将测孔内的异物吹干净，否则将导致敲入深度测量结果偏小。

## 5 木材弦向静曲强度计算及推定

**5.0.2** 本规程所建立的测强曲线，是在大量试验数据的基础上，通过对试验结果进行回归分析建立的，试验数据取自北京、浙江、安徽、吉林、山东、河南、内蒙古、山西等省市，试验用的针叶材有樟子松、花旗松、黄花松、云杉、柏木等，试验用的阔叶材有红橡、杨槐、水曲柳、桦木、巴劳木、楠木、柳桉等，测强计算公式见表1。

表1 摆锤敲入法检测木材弦向静曲强度计算公式

| 类别 | 计算公式                           | 相关系数 | 平均相对误差 |
|----|--------------------------------|------|--------|
| 木材 | $f_{m,j}^c = 295.0m_j^{-0.66}$ | 0.88 | 11.5%  |

摆锤敲入仪检测所得的材料强度为推定值，由于该强度是通过木材的敲入深度推定木材的弦向静曲强度，其精度会受表面平面度以及构件边界的约束条件等影响。当需要获得准确木材的强度等级时，宜通过从结构中截取试件，对试件进行弦向静曲强度试验后确定。

**5.0.4** 当按单个构件检测时，木材弦向静曲强度推定值之所以考虑0.9折减，是为了使强度推定值具有一定的保证率。