

应用技术

# 木材阻力仪检测技术的应用

张晓芳<sup>1</sup>, 李 华<sup>2</sup>, 刘秀英<sup>2</sup>, 张双保<sup>1</sup>, 黄荣凤<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学材料学院, 北京 100083; 2. 中国林科院木材工业研究所;

国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

**摘要:** 介绍木材阻力仪检测技术与原理、检测结果判断及国外研究人员应用木材阻力仪在判断木材内部腐朽状况、判断立木或人造板材密度和不同树种的阻力曲线与 X 射线密度曲线的比较等方面的现状; 以及介绍我国研究人员利用木材阻力仪对古建筑木构件进行勘测和分析等情况。

**关键词:** 木材; 阻力仪检测技术; 阻力仪; 微损检测

**中图分类号:** S781.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2007)02-0041-03

## Application of Resistograph Testing Technique for Wood

ZHANG Xiao-fang<sup>1</sup>, LI Hua<sup>2</sup>, LIU Xiu-ying<sup>2</sup>, ZHANG Shuang-bao<sup>1</sup>, HUANG Rong-feng<sup>2</sup>

(1. College of Material Science and Technology, Beijing forestry University, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

**Abstract:** This paper described principles and applications of the resistograph testing technique for wood. It was found that some applications of this technique used in foreign countries were for evaluating inner decay of wood and estimating the density of live trees and wood based panels. A comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts was also explained in this paper. Chinese researchers used the resistograph to check the properties of wood members in ancient architecture and that data was included in this paper.

**Key words:** wood; resistograph testing technique; resistograph; quasi-nondestructive testing

### 1 木材阻力仪

#### 1.1 工作原理

木材阻力仪是利用微型钻针在电动机驱动下, 以恒定速率钻入木材内部产生的相对阻力, 阻力的大小反映出密度的变化, 通过微机系统采集钻针在木材中产生的阻力参数并计算后, 显示出阻力曲线 (Resistograph profiles) 图像。根据显示的阻力曲线, 结合木材学知识使用者可判断出早晚材密度、年轮数, 以及木材内部腐朽、裂缝、虫蛀、白蚁危害等具体状况。在测定过程中, 钻针在木材上只钻出孔径 3 mm 左右, 属于微损检测技术。

#### 1.2 设备组成

阻力仪主要由机械元件与防震、防水的电子元件 2 部分组成。

机械元件安装有 2 个直流电机, 一个保证钻针以 1 000~2 000 r/min 速度旋转, 另一个驱动并保证其匀速前进。钻针由针尖和针杆组成, 针杆的长度最长可达 150 cm, 直径为 1.5 mm, 针尖的大小约是针杆的 2 倍, 使微型钻针钻入木材的阻力不会因针杆在木材中旋转产生摩擦而增加; 微型钻针用特殊的金属材料制成, 不会因小幅度弯曲、或遇到较硬的材质发生折断。根据阻力仪的不同型号, 钻针的长度也有所不同, 标准型号的钻针可钻入木材内部达 41 cm, 最短为 28 cm, 最长可达 95 cm。阻力仪内部为密封装置, 防止尘土和水的进入, 避免造成检测误差; 并装有电子过载保护装置, 可防止钻针遇到高阻力时受损。

收稿日期: 2006-05-22; 修改稿: 2007-03-06

基金项目: 国家文物局故宫古建筑木构件树种配置模式及物理力学性质差异性研究 (2003022)。

作者简介: 张晓芳 (1981—), 女, 北京林业大学材料学院硕士研究生。

电子元件包括微机控制系统和热敏打印机等。实时打印出的阻力曲线,与钻针的钻入过程同步进行,阻力曲线图的横坐标为钻入木材的深度,纵坐标为阻力值,此阻力值是根据钻针的能量损耗记录的相对值。

### 1.3 检测结果判断

根据阻力曲线可实时判断木材内部状况,对于复杂的曲线或操作者不能作出准确判断时,可采用微机记忆芯片存储的检测数据,通过数据线导入计算机,使用配套的 DECOM 或 EXCEL 软件对曲线放大处理,分析其复杂变化部位,有利于做出准确判断。

阻力值高低与被测木材的树种、含水率、密度、年轮等多种因素有关,如当钻针垂直于年轮钻入时,因早晚材密度不同,阻力也不同,阻力曲线就有明显的波动。在判断被测木材内部情况时,要对各种因素进行综合考虑,包括髓心、压缩木、树种、心边材、含水率、解剖特征、腐朽以及虫害等。

## 2 国外应用

### 2.1 判断木材内部腐朽状况

德国 Frank Rinn<sup>[1-3]</sup>对不同树种木材在干燥状态下采用阻力仪检测,判断木材内部腐朽状况。结果认为:根据阻力曲线的不同和其明显的下降趋势及曲线波动幅度,可初步确定腐朽位置,以及判别出被测木材的腐朽等级。另外,通过对阻力仪曲线的分析,可判断木材中的虫孔与缝隙存在状况。

Laurence R. 等<sup>[4]</sup>采用木材阻力仪与电动生长锥对蓝桉和榆树木材进行腐朽勘测的比较,指出:电动生长锥用于评价木材腐朽时,不同操作者的评价差异很大,这与操作者的经验和对材性知识的掌握程度有关;而木材阻力仪对木材腐朽的检测结果,其一致性与可靠性都高于电动生长锥。

### 2.2 判断立木或板材的密度

在判断立木与人造板板材密度方面, Fikret Isik 等<sup>[5]</sup>采用阻力仪进行立木木材密度的快速估算,研究结果表明:其在“科”这一水平上的准确率为 87%。Paul M. Winistorfer 等<sup>[6]</sup>利用木材阻力仪测定纤维板、刨花板和层积材等厚度方向的密度,将所得阻力曲线与在线监测的伽马射线扫描结果进行比较,认为阻力仪对人造板板材密度的测定同样有效,特别对中纤板的测定效果较佳。木材阻力仪的售价较低,操作方便、数据可靠,在人造板在线密度监测方面有一定的潜力。

### 2.3 阻力曲线与 X 射线密度曲线的比较

Frank Rinn 等<sup>[7]</sup>为评价树的年轮与生长率的关系,对木材阻力仪进行硬件和软件的改进,对不同树种的阻力曲线与 X 射线密度曲线作了比较试验。结果发现,阻力仪可对年轮大于 0.5 mm 的立木进行年轮与生长率的评价,而对于较窄的年轮难以进行准确的评定。

## 3 国内研究状况

段新芳等<sup>[8-9]</sup>介绍了国内利用 X 射线检测木材密度以及应用超声波和应力波技术检测木材缺陷,取得一定进展;也介绍了采用木材阻力仪作为便携式木材缺陷检测仪和对古建筑木构件的现场检测,但阻力仪检测技术在我国建筑木结构工程中的应用一直没有深入展开。

### 3.1 古建筑木构件材质状况勘查

2004 年,中国林科院木材工业研究所首次在故宫等大型古建筑维修勘查中,利用木材阻力仪对木构件材质状况进行勘测。目前已经完成了故宫、恭王府、郑王府等古建筑中木构件材质状况的勘测工作,积累了一定的经验。阻力仪检测技术用于古建筑木构件内部材质状况勘查,解决了勘查中的诸多难题。

**3.1.1 立柱包镶定位** 在故宫古建筑群的勘测中发现,由于故宫在几百年间多次被焚毁,复建时难以找到大径级的木材,因此,一般直径大于 50 cm 的立柱,均系采用厚度不等的弧形板材,包覆在径级稍小的木材外部,为了将包镶的木材与内柱紧密结合,每隔一定高度采用铁箍进行固定,可使其外观复合成宏大建筑的需要。由于年代久远,大部分包镶与内柱之间会有缝隙产生,一般很难准确掌握。用木材阻力仪检测立柱包镶状况,通过对阻力值的分析,可实现对立柱包镶现状的定位。通常,该结合部位的曲线波动幅度会突然变小,但间隔距离很短,如阻力值降低后的波动距离较长,应考虑此处是否有腐朽。

**3.1.2 木构件内部材质状况的勘测** 古建筑中的木构件径级都较大,如故宫的立柱最大直径可达 100 cm 以上,且这些立柱大部分被墙体所包裹,使木构件的内部材质状况需要通过特殊的仪器进行勘测后作出准确判断。木构件内部材质状况勘测的关键是对阻力曲线的判断,现场判断时要综合考虑树种、节子、包镶、接缝等影响因素。如对楠木立柱的阻力曲线进行判断时,发现所测定的楠木容易心腐的问题,如果楠木外包镶的其他树种木材,在离地面 50 cm 高度

时,测定的阻力曲线显示已不存在腐朽,其以上高度部位可以不再进行检测。而楠木的心腐与高度无关,一般每隔 50 cm 都应该用阻力仪垂直于年轮方向,向木构件中部测定一次,以此初步断定是否有心腐存在;杉木等树种密度较低,其阻力曲线值也较低,注意区别避免误判,对该树种的曲线判断应当适当调低判断标准;对有节子的木构件,其阻力值会突然增大,此时需避开节子部位进行重新勘测。

**3.1.3 木构件空洞的定位** 有些木构件内部存在较大空洞,准确判断空洞位置及大小有助于衡量该构件的继续承载能力。在勘测时,需根据曲线情况随时调整钻入位置和角度。一般阻力仪穿过空洞时,阻力值非常小,曲线几乎没有波动。需要特别注意的是,钻针穿过空洞时,其针尖甩动幅度较大,使得其进入另一侧木材时,钻针往往不能按原有直线行进,会产生小幅度的偏移,但一般不影响判断。

阻力仪用作古建筑木构件勘测方便、快捷且相对准确,为古建筑维修方案的制定提供了相应的依据。

### 3.2 阻力仪检测结果定量分析

王晓欢<sup>[10]</sup>利用故宫武英殿维修拆卸的落叶松旧木构件进行了相关试验,对不同腐朽等级木材的气干密度、抗弯强度和顺纹抗压强度,与木材阻力仪检测值之间的相关关系进行了分析,结果发现:利用阻力仪检测值与木材物理力学性质之间的相关关系,可以对阻力仪检测结果进行定量分析。

## 4 结语

阻力仪检测技术的应用基础研究正在进行当中,如有关阻力仪检测结果的多种影响因素分析以及如何结合其他设备发挥阻力仪的最大功能等课题均在进行详细的研究。

(上接第 37 页)

倍,相对变化率为 17.4%;当被测试件的组合厚度由 16 mm 增加到 20 mm 以上时,其测试结果的平均值基本不再改变,而是维持在 16 mm 厚的水平上,强度的相对变化率很小。

### 3 结论与建议

在一定范围内,薄型 MDF 表面结合强度的测试值随其厚度的增加而增大,但增大的幅度会随试件厚度的增加而逐渐减弱,最终趋于稳定,维持某一确定的水平上。但由于中纤板试件材质本身的特性及多万方数据

阻力仪检测技术的引进填补了国内古建筑木构件材质无(微)损检测技术方面的空白,该项技术的各方面研究刚刚起步,还需继续进行深入研究。

### 参考文献:

- [1] Frank Rinn. Catalog of relative density profiles of trees, poles, and timber derived from resistograph micro-drillings [R]. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 1993; 61-67.
- [2] Frank Rinn. Resistographic inspection of construction timber, poles and trees[J]. Pacific Timber Engineering Conference, 1994 (2); 468-478.
- [3] Frank Rinn. Drill resistance measurements on standing trees and timber[J]. Proceeding of the XIII Imeko World Congress, 1994 (3); 2145-2150.
- [4] Laurence R C, Stephen L Q. Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the resistograph and the portable drill[J]. Journal of Arboriculture, 1999, 25(6); 1-9.
- [5] Fikret I, Bailian Li. Rapid assessment of wood density of live trees using the resistograph for selection in tree improvement programs[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2003, 33 (12); 2426-2435.
- [6] Paul M W, Wei Wu, Rupert W. Application of a drill resistance technique for density profile measurement in wood composite panels[J]. Composites & Manufactured Products, 1995, 45(6); 90-93.
- [7] Frank Rinn, Schweingruber F H, Sch? r E. Resistograph and X-ray density charts of wood/comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species[J]. Holzforschung, 1996, 50(4); 303-311.
- [8] 段新芳,李玉栋,王平.无损检测技术在木材保护中的应用[J].木材工业, 2002, 16(5), 14-16.
- [9] 王立海,杨学春,徐凯宏.木材缺陷无损检测技术研究现状[J].林业科技, 2002, 27(3), 35-38.
- [10] Wang Xiaohuan, Huang Rongfeng, Zheng Hongkui, etc. Quantitative analysis on measure results by resistograph for wood decay of ancient architecture [J]. Chinese Forestry Science and Technology, 2006, 5(4); 16-22. (责任编辑 鲍加芬)

层胶合的操作,还有人为增加测试结果的不确定性,因此,建议在进行此项测试时,尽量减少胶合次数,并按统一的厚度来进行,以保证测试结果的准确性、重复性及可比性。

致谢:本研究得到王维新高级工程师的悉心指导和帮助。

### 参考文献:

- [1] 江福昌译. EN311:2002 人造板表面结合强度试验方法[J]. 人造板通讯, 2004(6); 20-21.

(责任编辑 鲍加芬)