

北美木材无损检测技术的研究与应用

梁善庆¹, 蔡智勇², 王喜平², Robert J. ROSS², 傅峰¹

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. USDA, Forest Products Laboratory, Madison 53726-2398, WI, USA)

摘要: 对北美木材无损检测技术的研究与应用进行了阐述, 并对应力波、超声波和声发射技术的应用情况、现存问题进行简要分析, 为今后在我国推广木材无损检测技术提供了参考。

关键词: 无损检测; 木材; 应力波; 振动法; 超声波

中图分类号: TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2008)03-0005-04

Developments and Applications of Nondestructive Tests for Wood in North America

LIANG Shan-qing¹, CAI Zhi-yong², WANG Xi-ping², Robert J. ROSS², FU Feng¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. USDA, Forest Products Laboratory, Madison 53726-2398, WI, USA)

Abstract: Current developments and applications of nondestructive testing (NDT) on wood and wood products in North America, from a literature search, are presented. Advantages and disadvantages of most commonly-used NDT techniques, such as visual inspection, stress wave, vibration, computer tomography, and acoustic emission, are discussed. This paper is expected to provide useful guidance to the application and practice for using advanced NDT technology in China's wood industry.

Key words: nondestructive test(NDT); wood; stress wave; vibration; ultrasonic wave

无损检测是指采用适当的测量手段,在不破坏被检测物体原有的形状和物理、化学、力学性质的前提下,对其性能指标进行快速、有效的检测和评价。

早在 20 世纪 50 年代初期,随着美国、加拿大和墨西哥等国木材工业的迅速发展,北美就开始了无损检测技术的研究和使用。1959 年提出了使用无损检测方法检测木质材料的基本假设;1963 年在美国 Wisconsin 州举办的第一届木材无损检测研讨会,标志着无损检测在北美木材研究领域中开始受到广泛地关注。

早期的无损检测主要采用目测法和振动法,对板材及木制品进行分等与评价,经过 50 多年的发展,现可根据检测要求的不同,使用各种技术进行检测,且

无损检测已涉及木材领域的各个方面。如活立木性质检测与评价,原木分等与锯解,板材性质评价与分等,人造板及新型木基复合材料性质评价,古树名木诊断,古建筑评价等。

在当今木材资源严重短缺形势下,利用无损的方法和手段,不仅能够对林产品的各种性能指标进行快速评价,提高生产效率和产品质量,同时,对木材原材料性质的早期预测,可使木材各尽其用,扬长避短,有效地提高木材资源的利用率。

1 北美木材无损检测方法的研究进展

1.1 目视观测法

目视观测法是使用最早、最简单的无损检测方法,主要通过观测木材开裂、机械损坏、腐朽、虫蛀破坏和弯曲等缺陷情况,进而对木材进行评价与分等。其中一种方式是,通过对活立木外部情况的观测,来评价其内部缺陷。在美国,该方法也被用来对立木性

收稿日期: 2007-06-15; 修改日期: 2008-04-18

基金项目: 引进国际先进林业科学技术创新项目“948”专题(2006-4-C03);“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD18B07)。

作者简介: 梁善庆(1977-),男,中国林科院木材工业研究所博士研究生。

质进行评价和分等,以判断其是否适于作结构用材。

目视观测法的最后结果,通常是可用或不可用两类,或属于某一等级的范围。该方法需要操作人员有丰富的经验,得出的结论亦具有主观性。

此外,由于木材内部的情况无法直接做出判断,必须与其他无损检测方法结合使用,但是目视观测法仍然是目前不可缺少、最常用的一种无损检测方法。

1.2 振动法

振动无损技术主要是通过测量木材的振动特征来判定木材的性质,多用于板材和原木分等,具有简单、快速、便捷的优点。在北美,该方法的研究与应用已取得一定进展。通过敲击原木端部,引起振动,并记录振频情况来检测原木的强度,再根据强度的大小对原木进行分等。有关学者采用振动法,建立了振动与弹性模量、抗弯强度、硬度的相关关系,并探讨了采用振动法对针叶树材原木分等的机理^[1]。

人工敲击的操作方式存在人为主观因素影响,检测结果的可靠性和灵敏度较差。为了减少边缘条件的影响,提高自然频率检测的准确性,振动检测手段已经向仪器化、智能化方向发展。

有学者采用自动振动检测方式^[2],使用非敲击式应力振动检测系统,来评价建筑木地板的性能,发展了振动检测方式,并将此方法应用于木制桥梁的检测与评价。

1.3 应力波

不同的声波被使用到木材的无损检测中,声波范围为从音频(接近 20kHz)到低超声频率(500kHz)。敲击产生的应力波属于低音频范围(1~5 kHz),在木材中具有较好的传播信号,且开发的检测仪器价格低廉、实用性强,因而得到了广泛应用。

有学者研究了应力波在木材中的传播行为和波参数与木材性质之间的相关性,发现通过测量木材的应力波传播速度,能够有效地预测木材的强度,并揭示了波速与木材性质间的密切相关关系。正是这种相关性,使应力波检测技术对木材性质的预测与评价得以实现^[3]。

在木材中传播的应力波参数(波速、衰减)大小,均与木材性质有关,但波速是最容易测量和处理的检测参数。根据波速,可以预测木材的硬度和强度,从而达到原木分等的目的^[4]。Xiping W 等^[5]总结了应力波检测活立木腐朽的方法、原理及现有设备的检测性能和准确性,提出在阔叶树材中,应力波沿木材径向单位长度(m)的传播时间为 1000 μs ;在针叶树材

中为 670 μs ,并给出了相关的传播时间计算公式:

$$\text{阔叶树材: } T_0 = 1000 D$$

$$\text{针叶树材: } T_0 = 670 D$$

式中: T_0 —应力波沿径向传播的时间, μs ; D —原木直径, m。检测时,如果传播时间低于相应材种的判定值,可认定为健全材,反之为腐朽材或不健全材。

Brashaw 等^[6]使用 4 种应力波设备 Metriguard 239A, Sylvastest Duo, Fakopp Microsecond Timer 和 IML Electronic Hammer 对木制桥梁状况进行评价。发现 4 种设备所检测出的腐朽值及变异程度有所差别,特别是采用表面直接接触方式检测时, Sylvastest Duo 和 Metriguard 239A 的变异性大,无法对腐朽情况做出有效判断;如果采用钻孔接触方式, Sylvastest Duo 与 Fakopp 一样,也能作出有效判断。

新的检测设备也在不断地开发和应用,如 T300,能够对立木性质进行有效检测;而应力波断层成像技术(Stress Wave Tomography)是近年新发展起来、用于活立木内部诊断的无损检测方法。通过测量木材断面不同方向应力波的传播速度,再通过矩阵变换重构后,可以二维或三维图像方式,表示木材内部的情况。

Gilber 等^[7]采用此法进行立木腐朽检测,发现应力波断层成像技术能够很好地反应木材内部腐朽情况,通过图像,能观测到腐朽发生的部位、面积和大小。其缺点是,容易把细小开裂指示为小面积腐朽;另外,显示严重腐朽和空洞的颜色区别不大,还需要借助其它检测方法来进行进一步确认。

1.4 超声波

超声波技术在 20 世纪 70 年代末得到发展,80 年代中期应用于木材检测。超声波产生声脉冲进入被检测材料中,经过穿透、反射、衰减,再被另一端的传感器收集,通过提取不同信号参数并进行处理,进行材料性质预测。不同的超声波参数(传播时间、传播速度、能量峰值、频率),可用于检测板材的表面缺陷、结构材腐朽、木制桥梁老化、干燥后木材表面开裂与蜂窝缺陷,也可用于评价木制品的开裂和老化。

超声波的研究主要集中在影响因子和信号处理两方面。对于影响因子, Olivito^[8]发现,在纤维饱和点以下,波速随木材含水率的增加而减小;在纤维饱和点以上,波速在平行纹理方向的变化不大。当含水率 < 18% 时,声波衰减无变化;高于此值,衰减则随含水率增加而增大。

木材生长轮角度和纹理方向对超声波传播也有影响,不同树种对波速和衰减影响程度亦不同。阔叶

木材生长轮角度对波速和衰减的影响,比针叶树材更具线性相关,即随纹理角度的增加,波速减小,衰减增加。Wang等^[9]通过波速和衰减,检测胶合板节子和开裂情况,认为垂直纹理方向的传播方式,能有效地检测节子和裂纹宽度,但裂纹的数量无法检测;在平行纹理方向,仅对节子的检测有效。

在信号处理上,Tiitta等^[10]采用贝叶斯(Bayes)理论,K-近邻方法(K-nearest Neighbor)和神经网络方法(Neural Network),对超声波检测腐朽进行研究,收集了腐朽材检测中波速、衰减、波型、频率信号,并对采样单一信号和采样多信号进行了比较。分析结果发现,3种方法都能很好地检测腐朽情况,其中神经网络检测小面积腐朽的有效性达到79%,Bayes理论和K-近邻法也分别为79%和75%。

超声波检测技术易受外界的干扰,且如何将传感器与被测材料更好地连接是常见问题,特别是应用于在线检测时,如何实现既不影响生产效率,又能有效进行检测,还需要更深入的研究。

1.5 声发射

声发射是材料或结构的某个局部区域或整体,受外力或内应力作用,发生塑性变形或破坏之际,将其内部所储蓄的应变能,以瞬态弹性波的形式而迅速释放出的一种物理现象。现代声发射技术的开始,以20世纪50年代初Kaiser在德国的研究为标志,60年代开始应用于木材和木基复合材的检测。所涉及的领域有:干燥过程的监测与控制、老化预测、强度评价、开裂检测与分析 and 机械性能控制。

研究者采用开放模型(Opening mode)和混合模型(Mixed mode)测试木材干燥时的开裂情况,通过对声发射信号的收集和分析,发现混合模型是以时间和频率作为特征参数,其识别分析方法具有良好前景,特别适用于检测板材干燥过程中的开裂情况。但是,通过分析发射频率来确定木材细胞的破坏情况尚未取得成功。也有学者认为,干燥过程中的声发射检测,与木材水分流动有关,但在检测中,很难判断自由水的流动与检测结果直接相关。

在人造板研究方面,Vun等^[11]将其用于定向刨花板蠕变破裂的研究,发现开裂出现在板材密度最低区域的薄弱部位,采用声发射技术观测低密度区域断裂,能够实现板材水平面密度的在线监控。

近几年,声发射技术有了很大改进,特别是信号的处理方法,使检测的准确率有了较大提高。为更好地解决信号处理问题,应引入更多的分析方法,如基于波

形分析上的模态分析、经典谱分析、现代谱分析、小波分析和神经网络模式识别。对声发射信号参数,应采用模式识别、灰色关联分析和模糊分析等技术。

1.6 计算机断层成像技术

用计算机断层成像技术(CT)扫描原木内部缺陷的研究已经历了约30年,此项技术被认为是检测木材内部缺陷最有前景的技术之一。过去10年进行的大量CT技术检测木材内部缺陷研究,取得了较为满意的结果。然而CT技术在木材领域广泛普及,尚有技术和经济问题有待解决。

降低检测成本是近期关注的问题。Thawornwong等^[12]在检测大径级原木时发现,减少扫描参数收集,如降低扫描频率、减小底片尺寸和扫描厚度等,不但能够提高扫描速度,缩短扫描时间,节省电能,且扫描结果依然满足原木的合理锯解要求,出材率没有受到明显影响。

Erol等^[13]为提高CT检测原木缺陷的能力,研究了IntelliPost模型系统。该系统由2个模型组成:学习模型:先由工作人员操作仪器识别原木缺陷,然后系统建立缺陷识别图像规则;操作模型:根据第一阶段建立的识别规则,自动识别原木缺陷。该系统能够应用于不同树种、不同等级的原木检测。

1.7 其它无损检测方法

近红外光谱检测技术(NIR)是最新的木材无损检测方法,此技术能够对木材化学成分、物理性能、含水率及加工处理后的木材性质进行评价。Schimleck等^[14]对火炬松木材物理性质的预测取得了成功;Kelley等^[15]对火炬松不同树干高度位置的材性进行研究,用建立的模型成功地预测了木材的化学成分和力学性质。

在北美,无损检测近几年还应用于MDF性质的预测,有效预测了其抗弯弹性模量、抗弯强度和内结合强度。加拿大的ARC(Alberta Research Council),在研究利用红外线进行人造板产品在线检测方面,处于领先地位,现正在致力于实现在生产中的应用。

其他无损检测技术还有:微波检测、热成像检测、密度阻抗图谱仪等,均得到一定程度的研究与应用。

2 无损检测技术现存的问题与发展方向

2.1 北美近期关注的无损检测技术问题

1)检测参数的准确收集、分析和处理,是研究者所关注的重点,尤其是超声波和声发射信号的收集与处理,正在引入更先进的识别模式和分析手段,以提

高数据采集的准确性和检测精度。

2) 成像技术使得木材缺陷可通过彩色图像的方式表现, 而不再局限于数据表达方式, 直观地显示检测结果是研究的热点。除了计算机层析技术外, 在近几年, 超声波和应力波层析成像技术研究的进展, 使其成为活立木和木结构检测与评价的关键技术。

3) 对于 CT 技术, 除了需要解决图像清晰度、扫描速度及安全性外, 降低检测成本依旧是关键问题。

4) 新的无损检测方法, 特别是近红外光谱技术在木材领域中的开发和应用, 为木材无损检测研究开辟了新的方向, 也是无损检测技术快速发展的关键。

2.2 无损检测技术的发展方向

在北美, 声发射检测技术早已应用在木材及其制品的非破坏检测, 及干燥应力的监测等方面, 在现阶段, 着重研究声发射信号的采集、处理以及设备的进一步研发; 同时, 结合生产需要, 提高检测速度和准确性。美国已进行了声发射检测技术用于木材切削方面的一系列研究, 并逐步在生产中应用。

基于超声波和应力波原理的层析成像检测技术将进一步开发和应用, 多方向、多路径的检测方式被采用, 设备逐步向小型化、实用性发展。

继续探寻林产品无损检测的新原理和新方法, 特别是射线和光谱的应用研究。通过借鉴其它材料领域的先进检测技术, 提高林产品无损检测技术的先进性和实用性。

3 结语

我国在原木检测方面仍然处于视觉评价的初级阶段。因此, 应加强原木分等无损方法的研究, 引进原木材质性能检测技术、标准, 包括振动检测、应力波和超声波检测, 及各种原木检测评价技术的应用和评价标准, 形成适合我国原木分等技术的检测体系。

在线无损检测技术的研究, 我国亦还处于实验室阶段, 有待加大在人造板生产线上的应用, 动态地无损检测板坯和产品质量, 即时分析质量缺陷的原因, 及时反馈、调节生产工序的参数, 最大程度地挖掘生产线的潜力和提高产品质量。

志谢: 中国林科院木材工业研究所姜笑梅研究员和殷亚方副研究员提出宝贵修改建议, 在此衷心感谢!

参考文献:

[1] Green W D, Gorman M T, Evans W J, et al. Mechanical grading of round timber beams[J]. Journal of Materials Civil

Engineering, 2006(1): 1-10.

- [2] Zhiyong C, Hunt O M, Ross J R, et al. Pilot study to examine use of transverse vibration nondestructive evaluation for assessing floor system[J]. Forest Product J, 2002, 52(1): 89-93.
- [3] Pellerin F R, Ross J R. Nondestructive evaluation of wood[M]. Forest Products Society, 2002; 135-149.
- [4] Wolfe R, Moseley C. Small-diameter log evaluation for value-added structural applications[J]. Forest Products J, 2000, 50(10): 48-58.
- [5] Xingping W, Divos F, Pilon C, et al. Assessment of decay in standing timber using stress wave timing nondestructive evaluation tools, A guide for use and interpretation[R]. FPL-GTR-147. Madison, WI: USDA, Forest Products Lab, 2004; 1-11.
- [6] Brashaw K B, Vatalaro J R, Wacker P J. Condition Assessment of Timber Bridges, 2. Evaluation of Several Stress-Wave Tools [R]. FPL-GTR-160. Madison, WI: USDA, Forest Products Lab, 2005; 1-11.
- [7] Gilbert A E, Smiley E T. Picus Sonic Tomography for the quantification of decay in white oak (*Quercus Alba*) and Hickory (*Carya* spp.) [J]. Journal of Arboriculture, 2004, 30(5): 277-280.
- [8] Olivito R S. Ultrasonic measurements in wood[J]. Materials Evaluation, 1996(54): 514-517.
- [9] Wang J, Biernacke J W, Lam F. Nondestructive evaluation of veneer quality using acoustic wave measurements[J]. Wood Science and Technology, 2001(34): 505-516.
- [10] Tiitta M E, Beall F C, Biernacki J M. Classification study for using acoustic-ultrasonics to detect internal decay in glu-lam beams [J]. Wood Science and Technology, 2001(35): 85-96.
- [11] Vun Y R, Dehoop C, Beall C F. Monitoring critical defects of creep rupture in oriented strandboard using acoustic emission; incorporation of EN300 standard [J]. Wood Science Technology, 2005(39): 199-214.
- [12] Thawornwong S, Occena G L, Schmoldt L D. Lumber value differences from reduced CT spatial resolution and simulated log sawing[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2003(41): 23-43.
- [13] Erol S A, Lynn A, Schmoldt D L, et al. An interactive machine-learning approach for defect detection in computed tomography (CT) images of hardwood logs[C]. Proceedings of Scan Technique 2005 International Conference, Las Vegas, Nevada, US, 2005; 15-27.
- [14] Schimleck L R, Mora C, Daniels R F. Estimation of the physical wood properties of green Pinus taeda radial sample by near infrared spectroscopy[J]. Canadian J of Forest Research, 2003, 33(12): 2297-2305.
- [15] Kelley S S, Rials T G, Snell R, et al. Use of near infrared spectroscopy to measure the chemical and mechanical properties of solid wood[J]. Wood Science and Technology, 2004, 38(4): 257-276.

(责任编辑 姜 征)

作者: 梁善庆, 蔡智勇, 王喜平, Robert J. ROSS, 傅峰, LIANG Shan-qing, CAI Zhi-yong, WANG Xi-pin, Robert J. ROSS, FU Feng
作者单位: 梁善庆, 傅峰, LIANG Shan-qing, FU Feng (中国林科院木材工业研究所, 北京, 100091), 蔡智勇, 王喜平, Robert J. ROSS, CAI Zhi-yong, WANG Xi-pin, Robert J. ROSS (USDA Forest Products Laboratory, Madison 53726-2398, WI, USA)
刊名: 木材工业 **ISTIC PKU**
英文刊名: CHINA WOOD INDUSTRY
年, 卷(期): 2008, 22(3)
引用次数: 1次

参考文献(15条)

1. Green W D, Gorman M T, Evans W J Mechanical grading of round timber beams 2006(01)
2. Zhiyong C, Hunt O M, Ross J R Pilot study to examine use of transverse vibration nondestructive evaluation for assessing floor system 2002(01)
3. Pellerin F R, Ross J R Nondestructive evaluation of wood 2002
4. Wolfe R, Moseley C Small-diameter log evaluation for value-added structural applications 2000(10)
5. Xingping W, Divos F, Pilon C Assessment of decay in standing timber using stress wave timing nondestructive evaluation tools, A guide for use and interpretation. [FPL-GTR-147.] 2004
6. Brashaw K B, Vatalaro J R, Wacker P J Condition Assessment of Timber Bridges, 2. Evaluation of Several Stress-Wave Tools. [FPL-GTR-160.] 2005
7. Gilbert A E, Smiley E T Picus Sonic Tomography for the quantification of decay in white oak (Quercus Alba) and Hickory (Carya spp.) 2004(05)
8. Olivito R S Ultrasonic measurements in wood 1996(54)
9. Wang J, Biernacke J W, Lam F Nondestructive evaluation of veneer quality using acoustic wave measurements 2001(34)
10. Tiitta M E, Beall F C, Biernacki J M Classification study for using acoustic-ultrasonics to detect internal decay in glu-lam beams 2001(35)
11. Vun Y R, Dehoop C, Beall C F Monitoring critical defects of creep rupture in oriented strandboard using acoustic emission: incorporation of EN300 standard 2005(39)
12. Thawornwong S, Occena G L, Sehmoldt L D Lumber value differences from reduced CT spatial resolution and simulated log sawing 2003(41)
13. Erol S A, Lynn A, Sehmoldt D L An interactive machine-learning approach for defect detection in computed tomography (CT) images of hardwood logs 2005
14. Schimleck L R, Mora C, Daniels R F Estimation of the physical wood properties of green Pinus taeda radial sample by near infrared spectroscopy 2003(12)
15. Kelley S S, Rials T G, Snell R Use of near infrared spectroscopy to measure the chemical and mechanical properties of solid wood 2004(04)

相似文献(10条)

1. 会议论文 刘镇波, 刘一星, 于海鹏 基于声振动的木材力学性能无损检测 2005

为给木材力学性能在线检测提供可靠的技术参考, 以市场上购买的气干核桃楸、水曲柳和红松板材为试材, 采用基于打击音的快速傅里叶变换 (FFT) 频谱分析方法, 检测了试材的动态抗弯弹性模量, 并用力学实验机测定的试材静态抗弯弹性模量作比较。结果表明: 用声共振FFT方法检测木材的动弹性模量与

静弹性模量之间具有密切的相关性;在大量的基础性实验前提下,可为木材力学强度在线检测成套设备的研制提供重要的技术参数。

2. 学位论文 [徐凯宏 压阻式木材内部缺陷类无损检测理论与技术的研究](#) 2004

木材内部缺陷无损检测技术是近年来发展起来的一门崭新的检测技术,该技术在木材生产领域及环境保护等多方面取得了较好的应用。该文围绕木材内部缺陷无损检测技术,根据木材内部缺陷密度不同的特点,运用探针旋转推进木材内部,提取探针行进过程中不同位置的密度特征信息,运用小波理论对微弱信号的分辨能力对腐朽、虫眼和空洞等近似信号的提取进行分析,通过专家诊断系统和显示输出装置输出探测结果。木材的种类很多,每种木材都有自己的密度特征,而内部缺陷部位的密度特征是种类繁多,通过对木材内部密度及缺陷部位密度的实验研究,发现木材内部缺陷的密度与探针提取的压力信号有对应关系,由此建立了木材内部缺陷机械压阻式检测机理。压阻式木材内部缺陷类无损检测技术要解决的技术难点是木材密度特征的提取方式,以及对信号的分析消噪和判断等技术手段,分为如下几个方面进行研究。首先,研究了压阻式木材内部缺陷类无损检测技术的理论依据——不同的木材密度反映不同的测试信号,说明应用压阻式木材内部缺陷类无损检测技术对木材内部缺陷检测的过程及手段是可行的,并设计了压阻式木材内部缺陷类无损检测装置;其次,针对木材对探针的密度压力很小,而探针旋转过程中检测装置轨道的摩擦力、钻机的旋转驱动力、细探针旋转的扭曲变形力等干扰非常大的特点,如何从强干扰噪声中提取特征信号是解决检测技术的关键环节,因此应用小波理论是分析处理特征信号的理论基础,并对其进行了工程解释,通过分析具体的性能指标,导出适合检测信号分析的小波母函数;第三,实验证明了通过小波分析可以成功地提取到检测的特征信息和捕捉到缺陷信息,这说明在微弱信号分析方面小波分析有着不可比拟的实际应用优势;第四,运用小波分析理论与技术对实际特征信号进行了小波消噪及小波包消噪处理,成功消除了干扰噪声,保证了测试信号的稳定良好不失真等特点,取得了较理想的消噪效果;第五,研究设计了压阻式木材内部缺陷类无损检测技术中的信号测试、机构控制及相关的通信系统软件;最后,应用智能专家诊断系统,对木材内部缺陷类无损检测装置检测到的特征信号进行分析研究,成功地判别出空洞、腐朽、虫眼和裂纹等较难区分的特征信息。通过设置预分析、特征量提取、特征量比较、理论判断和经验确认等过程可对缺陷木材进行专家诊断分析。该论文全面系统地研究了压阻式木材内部缺陷类无损检测装置技术机理;首次将小波理论技术运用在木材检测中;在国内首次研制了带有专家诊断系统的压阻式木材内部缺陷类无损检测装置,试验结果表明该装置各项技术指标及检测性能均优于国际同类设备。

3. 会议论文 [尚大军,段新芳,李家宁,王平 CCA处理前后沙棘木材动弹性模量的无损检测研究](#) 2006

对CCA防腐处理前后的40根西藏山南地区的沙棘健康材与处理材进行了应力波和超声波无损检测,研究了CCA防腐处理前后沙棘木材动态弹性模量的变化。根据木材动态弹性模量MOE。与应力波、超声波传播速度V及木材密度 ρ 之间的关系: $MOED=\rho V^2$,通过两总体平均数的差异显著性检验(配对t检验)对试验数据进行了分析,结果表明,CCA防腐处理对沙棘木材动态弹性模量没有显著影响。

4. 期刊论文 [冯国红,王立海,杨慧敏,候卫萍,Feng Grohong,Wang Lihai,Yang Huimin,Hou Weiping 应力波木材无损检测信号采集系统—森林工程](#)2008, 24(2)

应力波木材无损检测技术可在不破坏木材使用性能的前提下,快速的检测出木材的尺寸、规格和基本物理性质等,基于此优点,应力波无损检测技术近几年越来越受到青睐。应力波在木材中传播时,如遇到裂缝、孔洞、裂纹等界面不连续处,就会发生反射、折射、散射和模式转换,对缺陷有很高的敏感性。基于应力波的这种敏感性,本文对应力波在木材中传输时的信号进行采集,通过对采集信号进行频谱分析、小波变换等处理,可进一步得到应力波在木材中的传播速度等参数,从而为鉴别木材的缺陷提供更多的信息。

5. 学位论文 [于鸣 智能化木材强度在线实时无损检测软件系统研究](#) 2006

天然生长的木材即使同一树种,也可能因生长条件的变化而影响其结构上量的变化,这样就使得各株甚至同株内的不同位置材性的变化可能很大。这些因素都给木材选材工作带来了一定的困难。木材都具有优良的声振动性能,木材之间的声振动性能的差别能较直接的反映木材强度差别。智能化木材强度在线实时检测线采用基于打击音的快速傅里叶变换(FFT)频谱与木材的几何数据结合分析确定木材的静弹性模量,同时根据木材的静弹性模量对木材强度进行分等并做出分等标识。

本文主要针对智能化木材强度在线实时检测线形成一套界面友好、功能齐全、使用方便、实时性强、准确率高、专业化程度较高的数控软件。

本文主要介绍了木材强度自动检测线的工作流程、木材几何数据的采集和锤头定位的方法、打击音的共振频率的提取、基于BP神经网络的木材强度分等算法和软件整体设计等部分。着重介绍了对打击音的小波消噪和FFT分析,同时应用误差反向传播网络建立输入量(长、宽、高、重量及共振频率)与输出量(静弹性模量)之间的全局性的映射关系,提高了木材分等的准确性。

研究木材强度数控检测线为木材强度检测的工业化生产奠定了良好的基础,它摆脱了传统的木材强度取样检测的局限,并且不破坏被检测木材,能实现木材强度自动分级的连续化生产,对我国木材分级技术有一定的促进作用。

6. 期刊论文 [邹广平,芦颖,王微微,ZOU Guang-ping,LU Jie,WANG Wei-wei 电子剪切散斑技术在木材无损检测中的应用—哈尔滨工程大学学报](#)2009, 30(4)

复合板材及木制品等表面或内部的缺陷对材料性能有很大影响,如何快速准确地对其进行无损检测,并判断缺陷的位置大小是很有意义的。针对松木板试件,通过前置表面和内部隐藏缺陷来近似模拟实际缺陷情况,提出一种基于剪切散斑干涉技术的木材无损检测新技术,实现了对松木试件的无损检测。在表面缺陷的检测中讨论了剪切量对结果的影响,利用像素标定的方法,得到直径为6、5、3mm的缺陷信息;在内部隐藏缺陷检测中,借助热加载技术同时引入相移技术使剪切散斑检测技术不仅具有非接触、全场实时检测等特点,而且完成对内部隐藏近表面缺陷的定量无损检测,整个检测过程光路简单,实时快速,实验结果与实际情况符合较好。

7. 期刊论文 [戴明远 木材含水量的无损检测—无损检测](#)2004, 26(1)

针对测量木材含水量时失重法耗时,电阻法误差大的缺点,设计了一种利用介电常数原理测量木材含水量的单片机控制的数字式检测仪。该设备不会对木材表面造成任何损伤,且测量误差<8%。

8. 学位论文 [王晓欢 古建筑旧木材材性变化及其无损检测研究](#) 2006

本文以故宫武英殿正殿维修时替换下来的落叶松(Larix sp.)、软木松(Pinus sp.)、云杉(Picea sp.)、杉木(Cunninghamialanceolata)和硬木松(Pinus sp.)5个树种旧木材为试验材料,研究了使用50~135年后各树种未腐朽材物理力学性质的变化及不同程度腐朽落叶松和软木松木材的物理力学性质衰变,定量分析了落叶松腐朽旧木材的阻力仪检测结果,讨论了FFT分析仪检测未腐朽旧木材的动态弹性模量与静态弹性模量及抗弯强度的关系,目的是为了把握古建筑木结构用材因长时间使用引起的物理力学性质变化和腐朽衰变,探索古建筑木结构材质状况无损检测结果量化的分析方法和途径,为古建筑木结构的保护维修提供科学理论依据。各项主要结果如下:

(1)落叶松、软木松和杉木树种未腐朽旧木材各项材性下降;硬木松和云杉树种旧木材各项材性增大;2004年维修时使用的软木松新鲜健康材的材性与使用了135年后的未腐朽软木松木材的材性相当。

(2)落叶松和软木松木材随着腐朽程度的加重,力学性能迅速衰变,其中抗弯强度降低最为明显,其次是抗压强度,密度变化最小。达到“3”级腐朽时,2个树种旧木材抗弯强度剩余率均为30%左右,抗压强度的剩余率约为40%和50%。

(3)落叶松、软木松和云杉树种的密度与各项力学指标之间呈极显著相关,落叶松和软木松树种各自抗弯弹性模量与抗弯强度之间,也都达到了极显著相关,相关系数都在0.70以上。

(4)分析落叶松木材阻力仪(Resistograph)检测值的变化时,将其划分为波峰区、平均值区和波谷区三个区域,并分别计算平均值。随着腐朽程度的加大,各检测平均值明显降低,尤其是从“3”级至“4”级腐朽降低最为明显,但波峰、波谷及加权平均值衰减速率的差异不显著。波谷值与气干密度、抗弯强度及顺纹抗压强度之间极显著相关,波峰值和加权平均值与气干密度及抗弯强度极显著相关,与顺纹抗压强度显著相关。

(5)FFT分析仪检测落叶松和软木松木材的纵向动态弹性模量与静态弯曲弹性模量及抗弯强度之间极显著线性相关,动、静态弹性模量比值接近1,可采用FFT动态检测法代替常规的机械检测方法获得木材的抗弯弹性模量,并用数学模型推算抗弯强度值。

9. 期刊论文 [曲志华,王立海,Qu Zhihua,Wang Lihai 红外热像技术及其在木材无损检测中应用的可行性探讨—森林工程](#)2009, 25(1)

无损检测技术的应用范围越来越广泛,但现有的比较成熟的无损检测技术在实践中都有各自的优缺点和局限性.红外热像技术因其具有测量速度快、测量结果直观形象及测量精度高等优点逐渐被人们认识并应用到多个领域.本文介绍红外热像技术的基本原理,对红外热像技术在复合材料内部制造缺陷检测、建筑节能检测、电力设备检测等领域中的研究进展进行分析和总结,在此基础上通过分析木材内部缺陷与红外辐射场强之间的关系,对红外热像技术在木材无损检测中应用的可行性进行探讨.

10. 期刊论文 [胡英成](#), [顾继友](#), [王逢瑚](#) [木材及人造板物理力学性能无损检测技术研究的发展与展望](#) - [世界林业研究](#)

2002, 15 (4)

无损检测是指不改变被检测构件的最终使用性能,而又能获得所需检测资料的一种测试手段,许多方法都属于这一领域.文中论述了国内外木材及人造板物理力学性能无损检测技术研究的发展历史、研究现状与发展趋势,着重介绍了国外同行在此研究领域做出的贡献,以便为今后国内木材及人造板物理力学性能无损检测技术的研究提供借鉴.

引证文献(1条)

1. [安源](#), [殷亚方](#), [王喜平](#), [R. J. Ross](#), [吕建雄](#), [姜笑梅](#) [无损检测技术评估规格材的性质](#) [期刊论文] - [木材工业](#)

2009 (4)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_mcgyl200803002.aspx

下载时间: 2010年5月27日