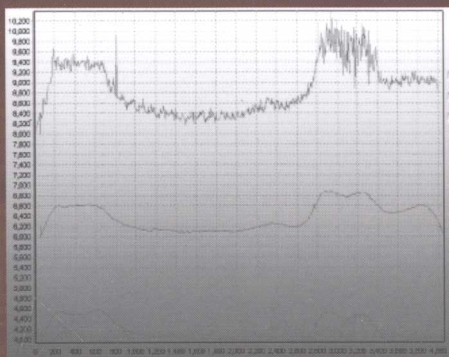




YAZUSHI MUCAI
QUEXIAN WUSUN
JIANCE JISHU YU ZHUANGZHI

压阻式木材 缺陷无损检测技术与装置

徐凯宏 著



化学工业出版社

压阻式木材 缺陷无损检测技术与装置

徐凯宏 著
王立海 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书取材于工程实践,实用性强,采用大量的实际测试经验和先进的数据处理方法,反映了当前国内外先进木材缺陷无损检测方法和完备的数据处理技术。对木材加工行业中的木材检测技术进行了补充和发展。主要内容包括:木材缺陷无损检测技术的意义及发展状况,木材无损检测的主要技术方法和原理,压阻式木材内部缺陷类无损检测理论,压阻式木材内部缺陷类无损检测装置的研制,木材内部缺陷诊断专家系统,木材检测实验分析,便携式木材压阻式内部缺陷检测技术与装置,压阻式木材无损检测装置的应用现状及发展前景。

本书可作为木材检测工作者、林业工作者、文物保护工作者、建筑装修人员的技术用书,也可供相关工程技术人员和科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

压阻式木材缺陷无损检测技术与装置/徐凯宏著.
北京:化学工业出版社,2009.5
ISBN 978-7-122-05114-1

I. 压… II. 徐… III. 缺陷(木材)-无损检验
IV. S781.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 042103 号

责任编辑:赵玉清
责任校对:吴静

文字编辑:孙科
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 5½ 彩插 7 字数 85 千字
2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)
售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:30.00 元

版权所有 违者必究



FORWORD

前言

木材内部缺陷无损检测技术是一门新兴的、综合性的木材非破坏性检测技术，从 20 世纪 50 年代开始发展起来，近十几年才得到迅速发展。无损检测的最大特点是既不破坏材料的原有特性，又能在短时间内连续获得检测结果。

木材是天然生物材料，具有形状不规则性、变异性 and 物理力学性能各向异性的特点，因而对木材及其制品的无损检测有其独特性，也有着许多困难。特别是在对珍贵材种、建筑装修、文物保护等方面尤为重要。传统的木材物理、力学性质检测大都是采用检测仪器或力学试验机对规定尺寸的木材试样进行加载、烘干方式进行检测，缺陷的检测大多是用人工的方法，这些方法的缺点是检测时间长、条件苛刻、稳定性差及准确度低，甚至还需将木材试样破坏后才能进行检测，所以这些检测方法已不能满足木材生产中非破坏性快速检测和持续检测的需要。

本书是根据作者多年工程实践，研究总结的木材内部缺陷无损检测技术及装置。由于木材的种类很多，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更是种类繁多，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压阻式探测器的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技术与检测装置。

本书由徐凯宏著，全书共有 8 章。第 1 章介绍木材缺陷无损检测技术的意义及发展状况；第 2 章介绍木材无损检测的主要技术方法和原理；第 3 章介绍压阻式木材内部缺陷类无损检测理论及信号处理方法；第 4 章介绍压阻式木材内部缺陷类无损检测装置的研制；第 5 章运用实验数据建立木材内部缺陷诊断专家系统；第 6 章对研制的木材检测装置进行必要的实验校正分析；第 7 章介绍便携式木材压阻式内部缺陷检测技术与装置；第 8 章总结压阻式木材无损检测装置的应用现状及发展前景。本书还附有测试装置部分程序，可在出版社网站免费下载。

本书可作为木材检测工作者、林业工作者、文物保护工作者、建筑装修人员的技术用书，也可供相关工程技术人员和科技工作者参考。

本书的编著得到王立海的指导，并得到杨学

春、庄倩、姜雪松、王巍、丛宪冬、冯睿、白现科等的帮助，在此表示深深的感谢！

由于作者水平有限，书中难免存在不足，敬请读者批评指正。

著者

CONTENTS

目 录

第 1 章 绪论 1

- 1.1 木材缺陷无损检测技术 3
- 1.2 研究木材无损检测技术的意义 4
- 1.3 国内外木材无损检测技术的现状与发展 6
- 1.4 木材无损检测技术存在的问题与发展趋势 ... 8

第 2 章 木材无损检测方法 with 原理 11

- 2.1 主要木材无损检测的技术方法和原理
简介 13
- 2.2 压阻式木材内部缺陷检测技术 30
 - 2.2.1 压阻式木材内部缺陷检测技术及装置 30
 - 2.2.2 小波理论分析对压阻式木材无损检测技
术的作用 33
 - 2.2.3 小波分析存在的问题及相应对策 34
- 2.3 压阻式木材无损检测装置的关键技术
内容 35
- 本章小结 37

第3章	压阻式木材内部缺陷类无损检测	
	理论	39
3.1	木材材质与压阻力的关系	41
3.1.1	木材的密度形式	41
3.1.2	探测木材密度的角度选择	42
3.1.3	不同种木材密度与同种木材密度对压阻力关系的分析	43
3.2	木材内部缺陷密度	44
3.2.1	木材内部缺陷的密度形式	44
3.2.2	木材内部缺陷检测参数的确定	45
3.3	压阻力与木材内部缺陷密度的关系解析	48
	本章小结	54

第4章	压阻式木材内部缺陷类无损检测装置的研制	
	装置的研制	57
4.1	总体设计方案	60
4.2	机械部分的设计及实现	63
4.3	测试部分的设计及实现	67
4.3.1	所用元器件	67
4.3.2	设备参数系统简介	67
4.4	信号采集分析系统	76
4.4.1	信号测试系统结构和主要特点	78
4.4.2	测试信号采集过程	82
4.5	通信系统的设计	83

4.5.1 通信方法简介	83
4.5.2 CRC 校验技术简介	84
4.5.3 按半字节计算 CRC	86
本章小结	90

第 5 章 木材内部缺陷诊断专家系统 93

5.1 建造专家系统的基本思想	95
5.2 木材缺陷诊断专家系统的建立	96
5.2.1 木材缺陷诊断专家系统的开发环境	98
5.2.2 木材缺陷诊断专家系统的结构	100
5.3 木材缺陷诊断专家系统的知识获取	105
5.3.1 诊断知识库的建立	105
5.3.2 诊断知识的获取方法	107
5.4 专家检测判断推理系统	108
本章小结	111

第 6 章 木材检测实验分析 113

6.1 木材缺陷检测实验	115
6.2 实验数据对比分析	116
6.2.1 实验对象	116
6.2.2 实验设备	116
6.2.3 实验过程	118
6.2.4 测试系统性能优势	138
本章小结	138

第7章 便携式木材压阻式内部缺陷检测技术与装置 139

- 7.1 便携式木材压阻式缺陷无损检测装置的发展意义及原理 141
- 7.2 便携式木材压阻式无损检测技术与国外同类技术对比分析 142
- 7.3 便携式木材压阻式无损检测装置的设计及其技术特点 143
- 7.4 便携式木材压阻式缺陷无损检测装置的关键技术及主要经济指标 147
 - 7.4.1 检测装置的关键技术 147
 - 7.4.2 便携式木材压阻式缺陷无损检测装置的经济、社会效益 148
- 7.5 便携式木材压阻式缺陷无损检测装置的应用前景 149

第8章 压阻式木材无损检测装置的先进技术及前景 151

参考文献 157



第1章 绪论

1.1 木材缺陷无损检测技术

无损检测 (Non-destructive Testing 或 Non-destructive Evaluation, 简称 NDT 或 NDE), 又称非破坏性检测, 是利用材料的不同物理或化学性质在不破坏目标物体内部及外观结构与特性的前提下, 对物体相关特性 (如形状、位移、应力、光学特性、流体性质、力学性质等) 进行测试与检验, 尤其是对各种缺陷的检测^[1,2]。无损检测的最大特点是既不破坏材料的原有特性, 又能在短时间内连续获得检测结果。在连续生产线上做在线检测, 操作人员可根据反馈的数据, 及时调整工艺, 提高了产品质量和生产效率。木材是天然生物材料, 具有形状不规则性、变异性和物理力学性能各向异性的特点, 因而对木材及其制品的无损检测有其独特性, 也有着许多困难。

木材无损检测技术是一门新兴的、综合性的木材非破坏性检测技术, 从 20 世纪 50 年代开始发展起来, 近十几年才得到迅速发展。传统的木材物理力学性质大都是采用检测仪器或力学试验机对规定尺寸的木材试样进行加载、烘干方式进行检测 (如用称量法、万能力学实验机等), 木材缺陷的检测大多是用人工的方法。这些方法的缺点是检测时



间长、条件苛刻、稳定性差及准确度低,甚至还得将木材试样破坏后才能进行检测,所以这些检测方法已不能满足木材生产中非破坏性快速检测和持续检测的需要^[3,4]。发达国家如美国、日本、德国等对木材检测技术十分重视,而且在将超声波、射线、微波等无损检测技术应用到木材物理性质、生长特性、力学性质及木材缺陷等检测方面已经取得一定的成绩,研究出多种无损检测手段,并通过实验取得了较好的成果^[5]。随着电子、光学和计算机技术的不断发展,特别是经过近 40 多年的研究,林业发达国家在木材缺陷无损检测研究方面取得了许多研究成果,目前应用到木材性质检测的无损检测技术已达几十种,如射线检测、微波检测、红外线检测、超声波检测、机械应力检测、声发射检测、核磁共振检测、光学检测和其他多种检测方法等^[6,7]。

1.2 研究木材无损检测技术的意义

根据联合国粮农组织汇编的《世界森林状况 2005》,2000 年世界森林面积 38.69455 亿公顷,其中 95% 为天然林;森林覆盖率 29.60% (森林面积占陆地总面积的百分比,不包括内陆水体面积);森林蓄积 3863.52 亿立方米,单位面积蓄积 $100\text{m}^3/\text{hm}^2$;

人工林面积 1.86733 亿公顷；人均森林面积 0.6hm^2 ，人均森林蓄积 64.627m^3 。我国现有森林面积 1.337 亿公顷，森林蓄积 101.3 亿立方米，仅次于俄罗斯、巴西、加拿大、美国，居世界第五位。但按人均占有量计算，我国人均森林面积 0.11hm^2 ，只有世界平均水平的 $1/6$ ；人均森林蓄积量 8.6m^3 ，仅及世界平均水平的 $1/8$ ；年人均消费木材只有 0.22m^3 ，而世界平均为 0.65m^3 。

另一方面，随着社会经济的发展和人民生活水平的提高，木材需求量逐年上升。多年来，由于森林被严重采伐，森林资源可采蓄积量锐减，木材的供应量远不能满足市场木材的需求量^[1,2]。如何充分利用好森林资源、提高木材利用率，是林业科技人员迫切需要解决的重要课题之一，木材检测则是提高木材利用率的一个极其重要的手段。

世界各地的古建筑遗存是全人类共同的文化遗产，需要进行维修与保护。在对古建筑木结构维修和保护时，需要在维修前对建筑木结构的可靠性、安全性做出评价，获得进行设计或维修中需要更换的木构件等基础资料，木材检测技术可以为维修工作提供技术依据。

古树名木不仅是重要的自然资源，而且已成为重要的人文景观，受到世界各国政府的重视与保护^[8,9]。为加强古树名木的保护，必须在不破坏其



生长和不引起新的灾害的条件下,对古树内部缺陷进行无损检测,这也是目前美国、欧洲和日本等发达国家对城市树木进行保护时必须采用的重要技术。

因此,木材无损检测技术有广阔的应用空间和应用前景,我们有必要对其进行深入研究。

1.3 国内外木材无损检测技术的现状与发展

早在 20 世纪 50 年代初期,随着木材工业的迅速发展,欧美各国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 年在美国威斯康辛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,现在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

木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。

我国林业研究人员从20世纪70年代末期应用X射线对木材缺陷进行初步的试验研究,随后应用X射线对鱼鳞松、长白落叶松、杉木、水曲柳的微密度进行研究,并得出这4种木材密度、轮宽、晚材率与轮龄的关系。在20世纪80年代用X射线电视系统对木材腐朽进行检测,该方法利用X射线在木材中衰减系数变化来检测其腐朽程度,可以检测静止或移动的原木、原条及板方材内外腐朽和节子,但难于分辨裂纹和夹皮,其检测速度仅为30~50m/min。同时,在木材物理力学性质测定方面应用超声波技术,并得出木材顺纹抗压弹性模量和抗弯弹性模量与超声波参数之间的相关关系。利用傅里叶变换(FFT)分析技术和微机技术开发了一种关于木材弹性模量 E 和刚性系数 G 的快速测量方法^[10]。此外,我国研究人员应用超声波等类似方法对木材缺陷检测进行了初步的研究。

但是,我国在木材无损检测领域内的技术及设备的应用方面远远落后于那些林业发达的国家,基本上还处于视觉评价的初级阶段。目前,我国正在实行天然林保护工程、限额采伐天然林的政策,在