

八十年代的扫描技术——木材缺陷的自动探测

李 坚

(东北林业大学)

摘 要

近十年来,探测木材缺陷的方法发生了显著的变化。本文综述了八十年代探测木材缺陷的新技术、新方法。主要有:激光扫描法,荧光扫描法,超声波法,X—射线法,X—射线荧光探测法,微波法,核磁共振法和红外光谱法。其中,以能探测木材内部缺陷的超声波法和X—射线法最有前途。一种有效的木材缺陷的探测方法是提高木材加工行业经济效益的有力工具。

一、木材缺陷及其分类

木材是一种天然材料,固有很大的变异性,也容易受各种因子的作用使其正常材质发生改变或破坏而产生多种木材缺陷。为了便于研究和讨论,通常根据木材缺陷的成因归纳成以下四大类:

1.木材的天然缺陷:由于自然环境的影响和树木自身生长机制的作用所产生的一类缺陷。常见的有应力木,斜纹理,木节,夹皮,树脂囊,弯曲,凹兜等。

2.木材的干燥缺陷:在木材干燥过程中由于水分蒸发所产生的一类缺陷。常见的有:开裂,翘曲,皱缩等。

3.木材的机械加工缺陷:在木材的机械加工过程中所产生的一类缺陷。常见的有:起毛,起皱,钝

棱和锯口缺陷等。

4.木材的生物危害缺陷:在木材保管和使用期间由于受到生物侵害所产生的一类缺陷。常见的有:变色,腐朽,虫害等。

上述缺陷不同程度地使木材材质受到影响,降低甚至完全失去其使用价值。为了节约木材资源,提高木材的利用率,近十年来人们致力于研究一些新的、迅速而准确的探测木材缺陷的方法,并已取得重大的技术进展。无疑,这些自动的无损检测技术的应用,对合理地加工和利用木材,实施木材保护与改性均有实际意义。

二、自动探测木材缺陷的方法

为了判别原木或板材中的缺陷,以及测量这些缺陷的大小、程度以及相对位置,必须建立一个联机操作自动化系统,而且所获得的信息必须适宜于被电子计算机接受和控制。木材缺陷的自动探测系统必须具备以下性能或条件:

稳定而可靠的操作;

实时扫描能力和对木材内部和外部特性变化的敏感性;

对工业环境的干扰不敏感;

造价适宜,维护方便;

装有诊断和警报装置;

密封保护系统;

路线。重组木为广开结构材和特殊用材的来源开辟了一条新路。

其中关键辗搓工序有关工艺数据的测定,设备的设计与试制以及经济效益的分析,工作量较大。应即组织专题攻关,如能及时引进吸收,则该项新技术将较快的收到实效。

参 考 文 献

(1) Fahey, B., 1985, Scrimber—exciting

breakthrough in timber technology.
Australia Forest Industries Journal,
51(8).

(2) Coleman, J.D., 1981, A "reconsolidated" wood for structural purposes, Division of Chem.tech.research review, CSIRO, Australia.

(3) Bruer, M., 1986, Partikel-Bauholz: eine australische Entwicklung, Holz-Zentralblatt, 7.2.

对操作者无辐射危害。

因所探测的缺陷不同,探测系统所需要的条件也有些变化。因此,要求操作者和管理人员应该经过良好的业务培养和训练。

迄今,在木材缺陷的自动探测方面已经出现了多种新颖的方法,其中包括激光扫描法、荧光扫描法、超声法、X—射线法、X—射线荧光探测法、微波法和核磁共振法等。

1. 激光扫描法

激光扫描法是用光学技术探测木材缺陷的一种重要方法。此法是以激光束作为光源,直径约为1mm,直接照射在扫描镜上使光束反复穿过被观察和检测的物体,并能与移动的物体成直角进行线性扫描。1981年有两套探测木材缺陷的激光系统问世,一套是由美国Bendix研究实验室和Bendix林产品公司发明的激光扫描器和自动切割系统;另一套是由英国的Plessey有限公司研制的光学自动探测装置。在采用这些装置进行扫描时,通过光电倍增管系统收集从木材上反射回来的激光信号,这些信号在传送到微电子计算机之前被量化和数字化。由微机软件进行加工和过滤所输入的数据,计算缺陷的尺寸和位置并确定最佳切割模型。然后电子计算机指挥两个自动锯(其中一个固定锯,一个活动锯)横切木材和剔除缺陷。切割速率约每分钟30米。激光扫描器可以探测出各种尺寸的裂隙和节疤。若与适宜的光探测器和滤波器结合使用可以鉴别节疤,蓝变和某种类型的腐朽,但是这种识别能力是有限度的。

2. 荧光扫描法

以荧光作为自动扫描系统探测木材缺陷的最佳仪器是Igggesund光学切边机。利用它可以确定板材的几何形态和木材缺陷。这些缺陷包括钝棱、节疤和影响正常材质量的其它一些性质。Igggesund光学切边机的基本特性与操作原理如图1和图2所示。图1显示照像机(顶部)、光源(中央)和被扫描的木板;图2显示光源和馈给系统组合位置。由图1和图2可见,借助于照像机对木板进行光学切边分析。所探测到的木板的质量变异记录在电子计算机中,木材质量的分级标准以及各等级或各部分的标记也通过键盘输入其中。由电子计算机指挥自动控制和馈给系统并通过这些系统控制切边机的工作程序。

3. 超声法

超声检测应用十分广泛。这种方法能够探测出

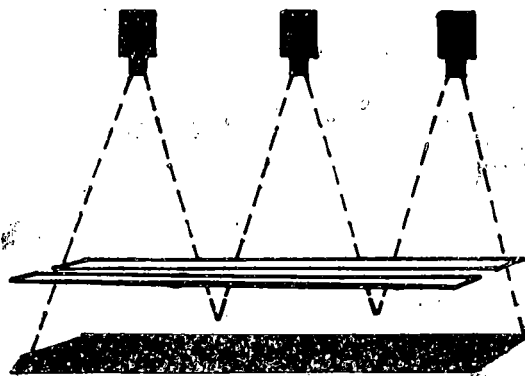


图1 光学切边机的前视图

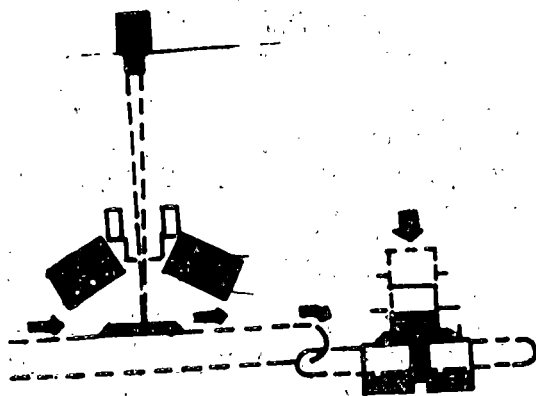


图2 光学切边机的侧视图

隐藏在木材内部的缺陷。因为超声波的传播基本上是一种机械现象,尤其适于测定各种材料包括木材和木材制品的性质变化,超声法的缺点是不能在待测试样的表面上进行连续扫描。在检测时要求换能器必须能够充分地对待测材料相耦合,或采用机械耦合或使用适宜的耦合剂。当需要对大面积的木材表面进行连续扫描时通常是将被测试件浸没在盛水的试验罐中用浸没式探头进行测试。换能器接近于试件表面,而水起超声耦合剂的作用。

在1971~1980年间,美国林产品实验室发明了以电子计算机控制的超声检测系统(如图3所示)。该系统以中间传输技术为基础,频率变化范围为150~1000KHz。实践证明,在此范围内频率愈高,波束愈狭窄检测精度愈高。从每块板材所记录的传输时间非常接近0.01毫秒并贮存在电子计算机中供扫描完成后进行数据分析。所收集得到的试件轮廓曲线数据表明,在被扫描板材的可见纹理的模型与超声传输时间之间存在着较强的相关性。

利用超声技术探测木材缺陷的优点:

A.可以探测木材内部的一些木材缺陷。

B.可以判明正常材的直纹理和环绕缺陷周围局部倾斜纹理。

C.非常适用探测木材腐朽、节疤和树脂囊等缺陷,因为在这些区域内超声信号将发生明显的衰减。

利用超声技术探测木材缺陷目前仍有一定的限度。譬如在探测一些小尺寸缺陷和木材的微细开裂和小虫孔时还不十分可靠,还不能探测螺旋纹理,木材变色以及与评价结构用材质量有密切关系的某些缺陷。由于有这些限制,因此,通常将超声与光学联机检测,以保证检测的精度。

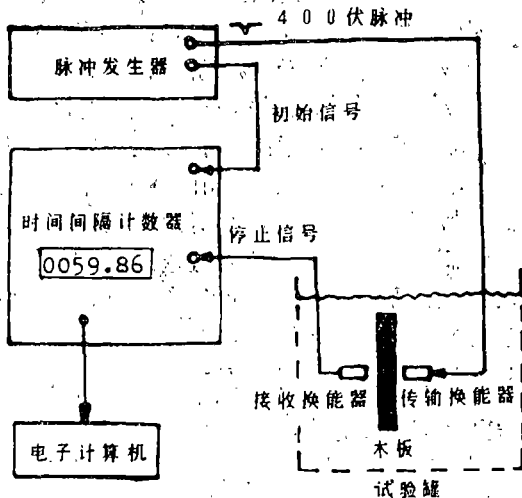


图3 测定传播时间的中间传输超声技术示意图

4.X—射线法

使用X—射线照相技术探测木材腐朽和昆虫损伤已有几十年的历史,但近年来得到了新的发展。由于成本高和使用X—射线胶片的不方便,故未能在工业中应用。

近些年来,刘自强等人研制了木材内腐X光电视检测系统。该系统的基本工作原理是,腐朽材与正常材对X光吸收程度不同,在荧光屏上呈现黑白对比度不同的透视图象。利用X光照射原木,在暗箱中的荧光屏上呈现较弱的原木透视图象,经微光摄像机摄取这一荧光图象换成电视图象信号,并通过电缆送到监视器,再将电视图象信号转换成普通光照下可见的光图象。利用该系统可以检查静止或移动中各种材种的原木、原条和板方材的腐朽蔓延范围;大于2—3cm的漏节,并能分辨死节与活节;能够检查平行于X射线的裂纹和夹皮,但难于

分辨是裂纹或夹皮;能够清晰地检查木材中的金属遗留物,如钉子等。木材内腐X光电视检测系统由于能在普通光线下从电视监视器荧光屏上直接观察和确定木材内部腐朽和缺陷情况,从而对合理选材,加工和利用有重要价值。

5.X—射线荧光法

荧光法是借助于荧光屏直接将X—射线图转变成可见光图形。当X射线刺激发光物质(如含磷物质)时,它们能发射出可见辐射光,其可见光的强度正比于X—射线的强度。经研究证实,X—射线荧光技术能提供快速,无损探测木材内部缺陷的方法。采用这种方法可以探测出50~70mm厚生材板材中存在的直径为12mm以下的孔洞,这些小的孔洞可能是由于腐朽或其它原因所产生的。通过X—射线荧光法在所显示的图象中可以清楚地看到在干燥木材试件中存在的腐朽区域,除能探测木材腐朽外,对于探测在锯解原木和加工单板中隐蔽的金属物体也潜在着很大的可能性。Schmidt研究指出采用电子计算机化的轴向层析X射线摄影扫描机也可探测木材试件的内部缺陷,然而由于成本很高,这种探测方法在木材工业中尚未得到推广应用。此外,电子计算机、电视阴极射线管以及医疗诊断装置与X—射线仪器结合使用也能显示木材内部的各种缺陷。

6.微波法

线性极化了的电磁波入射到各向异性材料(如木材)中,由于材料的透射和反射作用而产生衰减、相变和去极化作用,测定穿过木材的电磁波的电学性质的变化可以确定复杂的介电张量;由试验结果表明,利用微波技术能够充分洞察半透性、各向异性材料如木材和木质复合板的物理性质,除了无损检测木材的含水率、密度、纹理或纤维方向外,还应用于检测木材缺陷,如节疤、交叉纹理、腐朽和孔洞等。为了更好地应用微波技术评定各向异性材料的物理性质和无损检测木材缺陷,仪器中的测量和数据分析系统尚需进一步改进。

此外,扫描频率的使用,实时数据的收集和分折以及图象显示等部分的完善均有利于使微波技术成为探测木材性质和木材缺陷的一种有效的工具。

7.核磁共振法

核磁共振技术的产生和发展为人们研究物质材料的内部结构提供了新的有价值的方法。近年来Hall等人采用核磁共振成像的方法来观察木材构造,可以清晰地显现木材的生长轮、边、心材和

早、晚材特征。由磁共振信号图象表明,外皮呈暗色的象轮缘似的圈层,年轮层次分明,早材颜色较浅,晚材和心材的颜色深。此外,研究证实,木材中的水分能够充分地使质子磁共振信号显象。由于不同结构之间其含水率有变异或干燥前后有明显的差异,因此导致核磁共振的性质不同,依据这一原理可以利用磁共振图象为人们提供有益的情报。利用这项技术不仅能够观察到诸如生长轮和树枝形成等宏观的结构特征,而且能够探查到节疤、腐朽、孔洞等隐藏在木材内部的一些缺陷。根据在腐朽或节疤等区域中质子的自旋—晶格弛豫时间(以毫秒计)的变化也为人们提供了分析内部结构的有价值的资料。

8. 红外光谱法

木材腐朽常常伴随着木材化学组分的生物降解。譬如由于褐腐菌的作用破坏了木材中的纤维素而使木材发生褐腐;由于白腐菌作用破坏了木材中的木素而使木材发生白腐。由于木腐菌对木材组分的生物降解作用使其化学结构发生变化。而红外光谱是用来判定有机物、高聚物以及具有复杂结构的天然或人工合成产物分子结构发生变化的有效工具。把发生褐腐的木材试样首先进行热水抽提、取其少许抽提液进行红外光谱分析,与未发生腐朽的木

材试样相比,腐朽试样的红外光谱在 1720cm^{-1} 处有特征吸收峰。腐朽越严重,即重量损失越大,则波数为 1720cm^{-1} 的特征吸收峰的吸收强度增加。而未腐朽的木材则无此现象发生。 1720cm^{-1} 吸收峰为非共轭的酮基或羧基的 $\text{C}=\text{O}$ 伸展振动贡献。吸收强度增加表明木材中的羧基成分增加,而羧基成分来源于木材组分的生物降解。用红外光谱结合核磁共振法可以分析和诊断木材的早期腐朽,这是近年来产生的一种新型的无损检测木材缺陷的方法。

三、讨论与结论

综上所述,由于木材性质的变异及周围环境的影响,在木材表面和木材内部可能产生多种缺陷。而近代产生和发展起来的无损检测技术可以提供给人们有关变异和缺陷的信息,为人们洞察和了解木材增添了新的工具。迄今,已出现多种无损检测木材的方法,其中有的方法适于检测这一类缺陷,而有的却对探查另一类缺陷有特效。有时为了判明某一类缺陷,可能同时结合采用两种或两种以上的方法。为此,要求木材检测或木材加工工作者要针对所要探测的主要缺陷合理选择适宜的无损检测方法。各种方法适于探测的木材缺陷、优点和限度列于表1。

比较上述几种主要的方法,总结起来说:

表1 探测木材缺陷几种主要方法的比较与选择

探测木材缺陷的主要方法	辨别或检测特性	所探测的各种木材缺陷											优点	限度	
		节疤	交叉纹	腐朽	变色	孔洞	树脂	夹皮	髓心	钝棱	开裂	撕裂			加工尺寸
光学扫描	光反射或传输中的异常	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	探测表面上可见的缺陷,迅速而自动检测。	激光扫描造价高,在各种缺陷之间的区分能力差。
超 声	能量传输或反射以及超声传播时间的异常	×	×	×		×	×	×	×	×				穿透能力强,良好的敏感性,分辨率高迅速而自动检测。	需要机械耦合。
微 波	介电性质或电磁波散射的异常	×	×	×		×								非接触探测,容易,快速而自动检测。	在各种缺陷之间的比较区分能力差。
X—射线	密度、组成或厚度的非均匀性	×		×		×	×	×					×	探测内部裂缝自动而快速,容易摄影显相。	对薄板裂缝辨别能力差,对健康有害,区分各种缺陷能力差。
中 子	对原子核的非均一的选择的敏感性	×		×		×	×	×					×	高敏感性,准确而快速。	辨别薄板裂缝和区分各种缺陷能力差,对健康有害。

1. 光学扫描法限于检测木材表面上的可见缺陷。因为这种方法主要是依据从材料表面反射光的数量变化来探测缺陷的,这样木材的表面特性的变化如边材与心材的差异与真正的缺陷与正常材的差异混淆在一起。与正常木材组织的颜色无明显

差异的木材缺陷,有时在光学扫描时未被发现。因此有必要进一步扩大光学扫描的方法和研究,提高探测缺陷的能力。

2. 超声法和X—射线法能够探测木材的内部缺陷,但不能探测木材的各种变色。其中超声法是探

计算机数控木材加工机械

张久荣

(中国林科院木材工业研究所)

电子计算机始于本世纪四十年代。早期的电子计算机体积庞大、耗能多。1943—1946年,美国宾夕法尼亚大学制作的计算机由18,000只真空管组成,耗电200KW,重量达30吨,每年大约有19,000次故障。1948年,晶体管取代了真空管,使电子计算机的体积和造价大大降低。60年代初期开始生产集成电路,70年代出现大规模集成电路(LSI)只用几块甚至一块LSI芯片就可以组成一台微型计算机。电子技术、计算机技术如此飞快的发展,正在改变人类生活和生产的各个方面。以微型机作为智能机正在带来新的工业革命,这是比以蒸汽机作为动力机引起的第一次工业革命还要大的变革。高度的社会需求,激烈的国际竞争,要求大力提高劳动生产率。为此可以有各种方式,但最有希望的莫过于应用计算机。人们用“第三次浪潮,信息革命,计算机世界”来论述当今的时代特征。计算机扩大了人类的智力,使其更深刻而全面地了解周围环境及所进行的工作。在木材加工中计算机已将人类的

智能和机器结合在一起。计算机在木材工业中的应用要比其它行业落后10—20年^[4]这是由于木材加工的原料—木材有很大的不均一性,生产环境也比较恶劣。但是随着技术进步,尤其是大规模、超大规模集成电路的发展,各种微处理器的体积小、功能多,而价格大幅度降低,对各种环境条件的适应性不断改善,因此计算机在木材加工机械中的应用得到迅速发展^[3]。本文将介绍计算机数字控制(Computer Numerical Control简称CNC)木材加工机械。

一、木材加工由手工操作向计算机数控机械加工的发展过程

回顾木材加工机械发展的历史,可以看到用计算机控制木材加工机械是现代技术发展的必然结果。

人类最初是靠手工加工木材,生产各种木制品。生产出的产品数量和质量取决于工人的技术水平。只有技术熟练的工人才能使生产的产品尺寸

测木材内部缺陷最有前景的一种方法。这种方法的主要缺点是超声换能器必须与被测材料在水中进行机械耦合。微波法, X—射线法和中子法的主要缺点是它们的探测能力受着木材密度和含水率变化的影响,在生材中尤为明显。

3.为了保证实现联机检测,木材缺陷的探测系统必须对木材外部和内部性质的变化非常敏感,为了达到这一要求,采用光学扫描时应该与一种内部缺陷探测法相互结合使用。在制材厂,木材缺陷的探测以及相继进行的锯解均联动着自动切边机同时完成。

4.一种有效的木材缺陷探测方法是增加制材和加工利润的有价值的工具。利润的高低取决于加工技术和自动化程度。而在适宜的成本和投资费用内,调整和提高木材缺陷探测系统的自动化程度将对经济效益产生明显的影响。

参考文献

- (1) 成俊卿 蔡少松, 1982, 木材识别与利用, 中国林业出版社, 105~124.
- (2) 成俊卿主编, 1985, 木材学, 中国林业出版社, 776~814.
- (3) Panshin A.J. et.al., 1980, Textbook of Wood Technology, McGraw-Hill Book Company, 286~328.
- (4) Kollmann F. F. P. et.al., 1986, Principles of Wood Science and Technology, I.Solid Wood, Printed in Germany, 79~133.
- (5) Szymani, R.1984, Automation of Lumber Defect Detection, Wood machining institute, Berkeley, CA, 124~134.