

基于X射线成像技术的木门门扇内部结构特征检测

李伟光¹, 陆志文², 张占宽¹

(1. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 上海高晶金属探测设备有限公司, 上海 200433)

摘要: 采用X射线线阵传感器对门扇标准样块进行扫描, 检测X射线透过门扇后的强度差异, 并采用噪声去除、非线性灰度变换、形态学处理等技术进行图像处理。结果表明, X射线成像技术可识别门扇内部常用材料种类(实木、纤维板、刨花板、空心刨花板、蜂窝纸等)和结构特征, 实现饰面后木门产品的无损检测, 提高检测效率。

关键词: 木门; 内部结构特征; X射线; 图像处理

中图分类号: TS664; TP274.51 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2016)03-0045-04

Detection of Internal Structure Features of Wooden Doors Based on X-ray Imaging Technology

LI Wei-guang¹, LU Zhi-wen², ZHANG Zhan-kuan¹

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

2. Shanghai Gaojing Detection Technology Co., Ltd., Shanghai 200433, China)

Abstract: An x-ray linear array transducer was used to scan standard samples of wooden doors and the radiation intensity changes were detected. Noise removing, non-linear gray transformation and morphological processing techniques were also used. The results showed that X-ray imaging technology could be used to identify internal material types, such as solid wood, fiberboard, particleboard, hollow particle board and honeycomb paper, etc, as well as structural characteristics of wooden door leaves. The technology can realize nondestructive testing of wooden door products, which not only saves timber resources, but also improves quality detection efficiency.

Key words: wooden door; internal structure feature; X-ray; image processing

我国木门生产企业众多, 企业规模、生产技术水平 and 产品质量参差不齐^[1], 生产的木门结构多样, 门扇内部填充材料各异, 包括: 实木、纤维板、刨花板、空心刨花板、蜂窝纸等; 木门部件间常见的连接方式有钉结合和榫结合等。随着木门需求的不断增长, 少部分商家受利益驱使夸大宣传, 将实木

复合门或木质复合门冒充实木门, 门扇内部填充材料以次充好, 铺设不规范、填充率低, 以及部件连接方式不合理等质量问题屡见不鲜^[2]。

当消费者对木门质量问题产生疑惑, 或与商家发生纠纷时, 多采用破坏性检测, 使检测后的木门无法再用, 给消费者带来损失; 另外, 采用安检设备对大幅面木门进行检测, 但由于其X射线传感器灰度级变化范围小、层次感差, 图像质量不佳, 检测精度较低, 一般仅为3.2 mm, 不能满足使用要求; 而采用较高精度的X射线探测器又因成本高, 难以推广应用。

收稿日期: 2015-07-06; 修改日期: 2015-04-18

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“木门内部材料种类及结构X射线检测技术研究”(CAFINT2014C04)。

作者简介: 李伟光(1983—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

鉴于此,笔者基于X射线成像技术原理,研发木门检测专用X射线成像设备,探索门扇材料种类和内部结构特征的快速识别技术,以提高木门质量检测效率,打击假冒伪劣产品,促进我国木门产业健康发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

根据GB/T 5823-2008《建筑门窗术语》,门扇按构造分为夹板门(门框两侧贴各类板材)和镶板门(门框间镶板)。采用在某公司定制加工的2个门扇的标准样块(高×宽×厚=1 000 mm×450 mm×40 mm),将门扇常用的几种材料都集中于标准样块中,结构如图1所示。

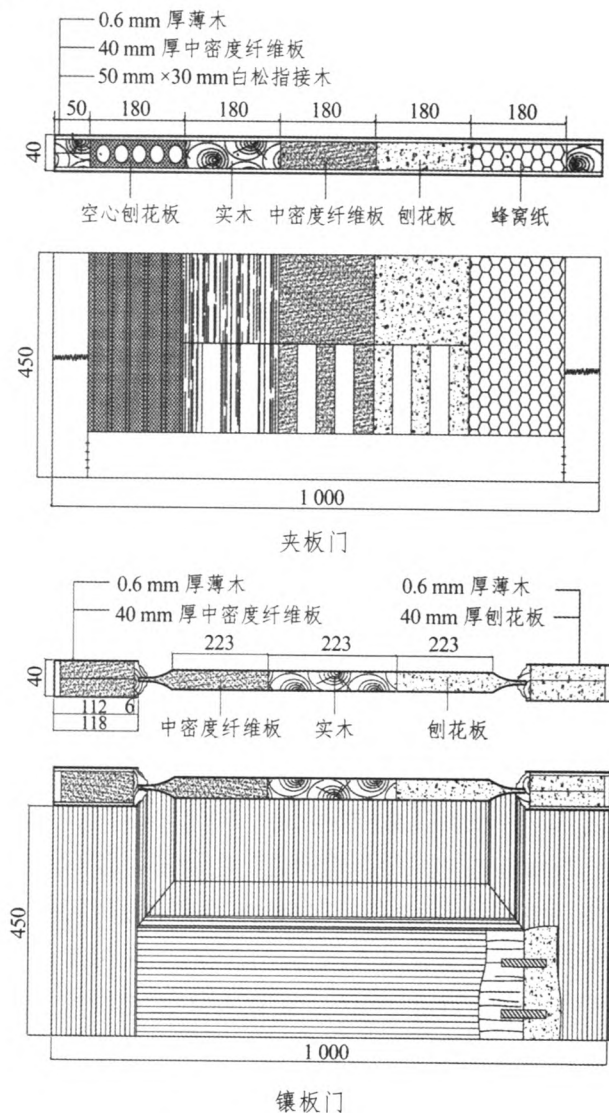


图1 门扇标准样块的结构

Fig.1 Structure of standard sample block

1.2 试验装置

X射线成像检测试验平台主要包括:高压X射线发生器(电压80 kV,电流2.5 mA,焦点0.5 mm);X射线线阵传感器(分辨率0.4 mm,积分时间1.2 ms);输送系统;图像采集卡、显示设备(计算机)。装置原理如图2所示。

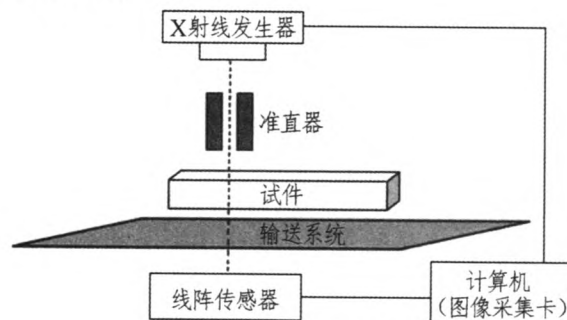


图2 X射线成像检测平台

Fig.2 A test platform for X-ray imaging

1.3 试验方法

1.3.1 成像原理

X射线成像过程如图3所示。当X射线穿透被检物料时,由于X光子与被检物料原子相互作用,导致X射线能量衰减,其衰减程度与待检物料组分厚度及入射射线能量有关。穿透被检物料的X射线照射在线阵传感器内的闪烁荧光屏上,被转化为可见光,再经光电转换产生电信号,通过信号处理器获取图像,图像像素反映了射线穿透被检物体衰减的程度,从而反应被检物体组分的变化^[3-4]。

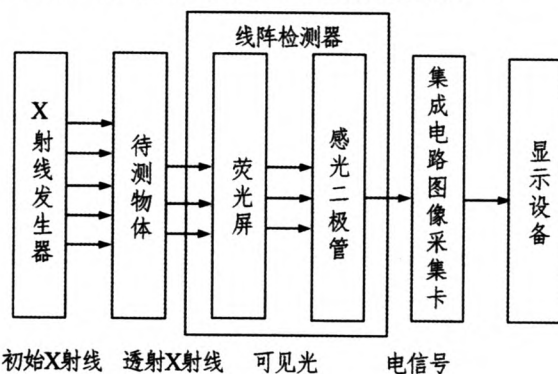


图3 射线成像流程图

Fig.3 Flowchart of X-ray imaging

1.3.2 图像采集及处理

1) 图像采集 通过X射线线阵传感器,对夹板门和镶板门门扇的标准样块进行线阵扫描,扫描速度18 m/min,并对宽幅门扇采用数字幅面拼接处理,获得原始X射线影像灰度图。

2) 图像处理 ① 噪声去除: 分别利用均值滤波、中值滤波、高斯滤波和增强滤波等算法, 针对邻域大小不同, 分为 3×3 , 5×5 , 7×7 的矩阵对原始灰度图进行处理。

② 灰度变换: 线性变换, 设原图像的灰度分布范围为 $A1 \sim A2$, 其变换方程式为:

$$g(x,y) = \frac{255}{A2-A1}[f(x,y)-A1];$$

非线性反正切灰度变换, 其变换方程式为:

$$g(x,y) = 127 + \frac{254}{\pi} \arctan\left(\frac{f(x,y)-loc}{win}\right)$$

其中: loc 表示窗位, win 表示窗宽。

③ 形态学处理: 应用数学形态学进行图像边缘检测, 基本方法是: 选取合适的结构元素, 利用腐蚀、膨胀及开运算、闭运算或其有效组合, 实现图像的边缘检测。本研究利用形态学综合运算处理, 选取对比系数分别为 3.0 和 5.0 的分割图。

2 结果与讨论

2.1 图像处理

1) 噪声去除

利用四种图像滤波算法, 处理夹板门和镶板门门扇标准样块的原始灰度图。对比发现, 采用 3×3 增强滤波算法处理后可去除噪声, 并保留对比度, 效果最好, 结果如图 4 所示。

由图 4 可见, 处理后, 可根据图像的粗糙感、均匀度以及木材纹理, 定性识别材料类别。此外, 也可以识别出标准样块中的木材纹理、节子、蜂窝纸以及空心刨花板的均匀性、连接方式(钉结合、榫结合)等特征。

2) 灰度变换

利用灰度变换技术, 调整图像灰度, 可提高图像的整体对比度和分辨力。利用线性或非线性变换技术处理图像, 使图像的灰度分布扩展到 256 个灰度级(0~255)。对比发现, 非线性变换后, 图像对比度较高(图 5), 更易于识别门扇内部结构特征, 使检测精度提高。经中国计量科学研究院检测, 其空间分辨率达到 0.5 mm。

3) 形态学处理

对灰度变换后的图像再进行形态学处理, 对比

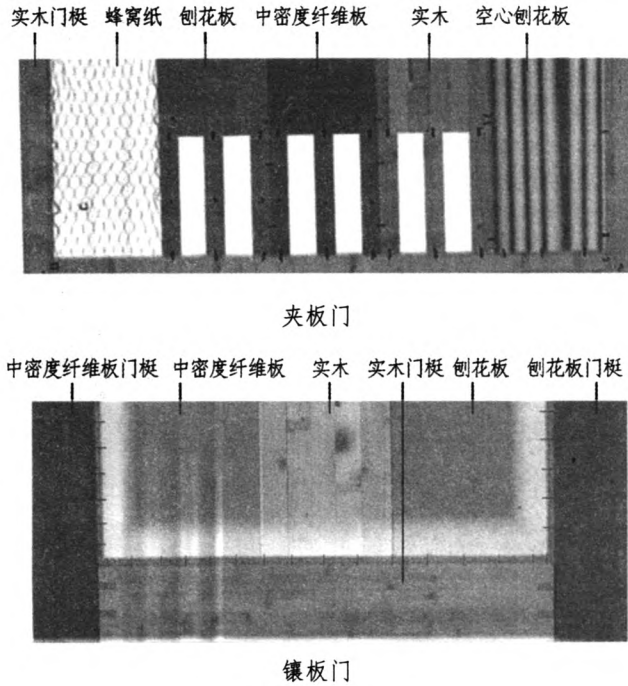


图 4 噪声去除
Fig.4 Result of noise removing

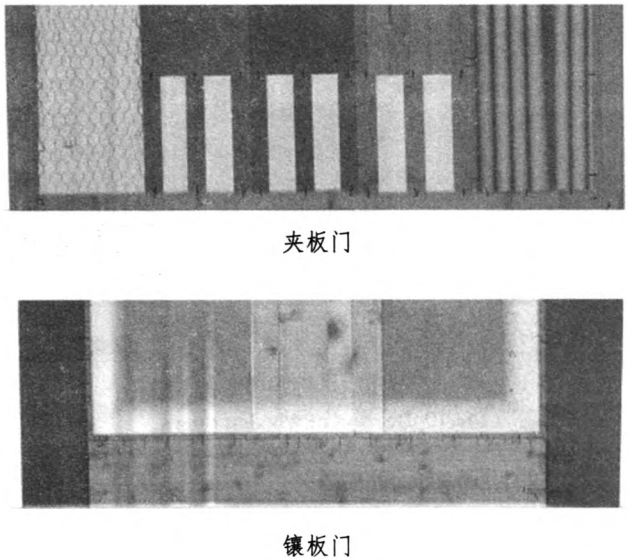


图 5 非线性灰度变换
Fig.5 Result of -linear gray transform

处理结果发现, 对比系数为 3.0 时存在干扰噪声; 对比系数为 5.0 时, 信噪比较高(图 6), 既保证了较高的检测精度, 又保持了较低的干扰噪声。因此, 选取对比系数为 5.0 的分割图较合理。

2.2 应用实例

通过 X 射线线阵传感器对夹板门和镶板门进行线阵扫描, 获得其原始灰度图后, 依次利用上述的图像处理技术对其进行处理, 结果如图 7 所示。

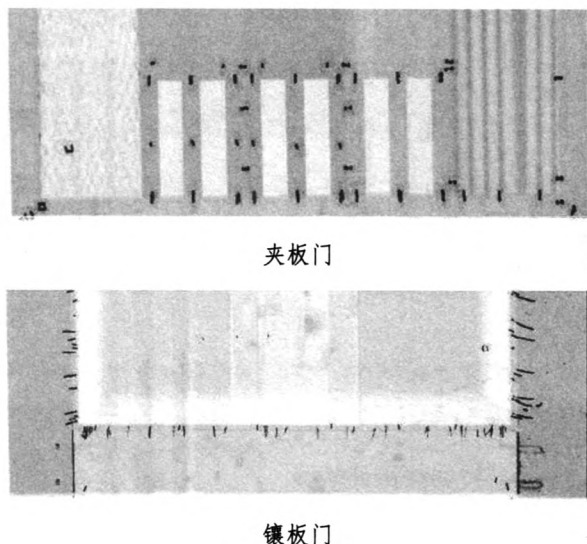


图6 形态学处理

Fig.6 Result of morphological processing

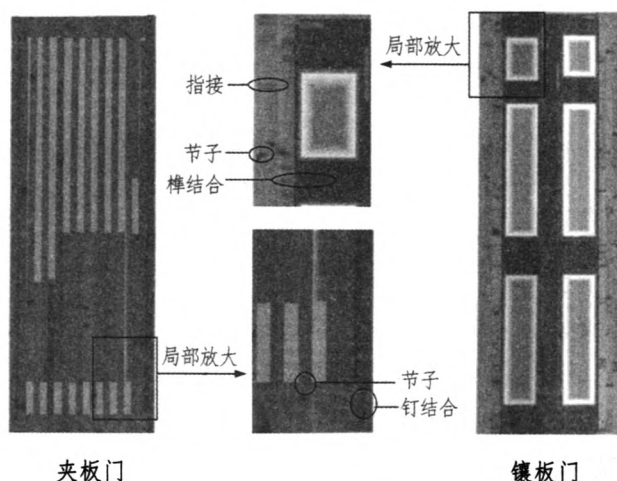


图7 实例检测

Fig.7 Dection of wooden doors

由图7可见,木门整体结构清晰,夹板门内部为纵向排列的条状结构,根据其中有不规则形状的

(上接第40页)

3 结论

1) 本试验范围内,随着试件长度增加,其顺纹抗拉强度和顺纹抗压强度值均降低,分布趋于分散。

2) 今后有待在多尺度范围进行研究,全面分析单板层积材在工程构件应用时的尺寸效应,为实际生产及应用提供可靠依据。

参考文献:

[1] GB/T 17657-1999, 人造板及饰面人造板理化性能试验方法[S].

节子,可判断出其为实木栅条,栅条间通过钉子连接。通过其局部放大图,可确定钉子的数量、排列方式以及节子的位置。

镶板门由六块矩形门芯板和纵、横门框构成。通过其局部放大图,与镶板门标准样块中的特征进行比对判断,可看出门扇左、右边框与上、中、下框的材料不同,边框的木材纹理、节子以及指接等特征清晰可见,由此可判断其为指接材,而上、下、中框以及门芯板的材质较均匀,图像细腻,由此判断其为中密度纤维板。门芯板的厚度较门框小,特别是边缘部位,所以其灰度值较小。此外,还可看出边框与上框、中框间为榫连接。

3 结论

1) 采用X射线对木门门扇进行线阵扫描,经数字图像处理技术处理后的图像,门扇内部材料、连接方式及结构等清晰可见,说明应用X射线成像技术检测木门门扇材料和结构特征方法可行。

2) 木门是由木材或其他木质材料制成,且厚度较薄,对X射线强度要求低,防护容易,且操作简便,效果明显,可在木门生产加工领域推广应用,实现在线监测和产品质量评价。

参考文献:

- [1] 朱一军,付跃进,王彩霞.我国木质门行业现状与主要发展制约因素[J].木材工业,2013,27(1):39-42.
- [2] 刘泽飞.百万精装修房贷不对板 高档木门变“纸板门”[N].海南特区报,2014-03-13.
- [3] 李喜孟.无损检测[M].北京:机械工业出版社,2001.
- [4] 郑世才.射线检测[M].北京:机械工业出版社,2004.

(责任编辑 向琴、劳万里)

- [2] Bbrrett J D, Lau W. Canadian lumber properties[M]. Canadian Wood Council, 1994: 129.
- [3] Madsen B, Buchanan A H. Size effect on timber explained by a modified weakest link theory[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 1986, 13 (2): 218-232.
- [4] Bohannan B. Effect of size on bending strength of wood members[R]. Madison: USDA Forest Service, 1966.
- [5] Hayashi T, Miyatake A, Miyahara H. Size effect on tensile strength of sugilaminiae[J]. Mokuzai Kogyo, 1997, 52 (1): 15-19.
- [6] 林利民,孙玉慧,刘巍岩,等.结构单板层积材标准对比及测试评估方法探讨[J].林业科技,2014,39 (4): 38-40.

(责任编辑 向琴)