

研究与开发

数字化木材显微图像分析仪的开发与应用

潘斌, 程放, 李小群

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 讨论木材显微图像分析仪综合放大倍率的确定方法, 在选择 CCD 摄像机和图像采集卡时要考虑的技术性能参数, 介绍木材显微图像分析仪软件应具备的基本功能和主要开发方式, 列举常见图像处理软件及其二次开发特点。

关键词: 图像分析仪; 综合放大倍率; CCD; 图像采集卡; 软件二次开发

中图分类号: TS6; TP391 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2005)06-0012-03

Development and Application of a Digitized Image Analysis System for Wood Anatomy

PAN Bin, CHENG Fang, LI Xiao-qun

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: This paper deals with some hardware and software problems for developing a digitized image analysis system for wood anatomy. It first illustrates how to determine the total magnification of the microscopy imaging system. Then, it points out the technical performance parameters that should be considered for the two main compositions of the system, a CCD and an image-acquiring adapter. It also describes the essential functions and main development methods for the software for the system. Several commonly used image-processing software programs and their features are emulated in the end.

Key words: image analysis system; total magnification; charge coupled device (CCD); image-acquiring adapter; software secondary development

传统生物显微镜在使用过程中易受人为因素的影响, 而且不适合快速处理大批量样品。自 20 世纪 80 年代以来, 国内外相继推出了一系列计算机控制的显微图像分析仪^[1,2], 基本克服了传统光学显微镜使用上的缺陷, 但是由于维护成本高、操作复杂, 需要配备专门的操作人员, 还是给日常的检测工作带来了不便。近年来, 随着微电子、图像传感器器件以及计算机软件技术的迅猛发展, 普及型的木材显微图像分析仪开始进入实验室中, 这种分析仪主要由生物显微镜、CCD (Charge Coupled Device, 电荷耦合器件) 摄像机、图像采集卡以及微机和相应的软件组成。图 1 系笔者为阔叶树微观结构测量所开发的一套木材显

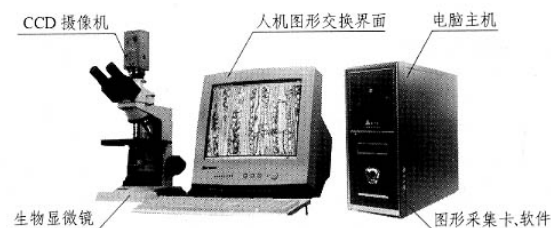


图 1 木材显微图像分析仪的构成

Fig. 1 Composition of a digitized image analysis system

微图像分析系统, 本文就系统部件选购, 以及软件使用、开发等关键技术问题与同行探讨。

1 显微图像分析仪的综合放大倍率

普通显微镜成像的基本原理和结构如图 2 所示, 中间像的放大倍数就是物镜的标称放大倍率。

收稿日期: 2005-01-28; 修改稿: 2005-10-24

基金项目: 国家自然科学基金项目“木材特征图像的识别研究”(30170749)。

作者简介: 潘斌(1969—), 男, 中国林科院木材工业研究所高级工程师。

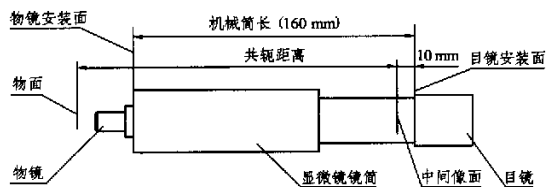


图2 显微镜成像的基本结构

Fig. 2 Framework of microscopy imaging

在显微图像分析仪中, CCD 摄像机拾取显微镜图像的基本方法, 是将摄像机的 CCD 靶面设置在图2所示显微镜的中间像面处。有时为了获得适当的放大倍率或成像幅面, 在显微镜中间像面与 CCD 靶面之间加装一只放大倍率 >1 (获取大倍率图像) 或者 <1 (获取大视野图像) 的摄影目镜^[3], 此时, 在靶面上成像的放大倍率为物镜标称放大倍率与摄影目镜标称放大倍率的乘积。但是, 由于在显微图像分析系统中还存在一个视频放大系数, 即显示器屏幕上图像尺寸与 CCD 靶面上图像相对应尺寸的比值问题, 因此, 显微图像分析仪系统的综合放大倍率应是视频放大系数与光学放大倍率的乘积。

实际操作中, 由于显示器屏幕和 CCD 靶面的标称尺寸不统一, 计算视频放大系数十分困难^[4]。如图3所示, CCD 靶面标称的 1/4 或者 1/3 英寸是指其外轮廓的对角线尺寸, 大于其实际尺寸; 不同厂家的产品还不完全一样。显示器屏幕的标称尺寸也有同样的问题, 如 CRT (阴极射线管) 显示器屏幕标称尺寸是指 CRT 外轮廓的对角线尺寸, LCD (液晶) 显示器屏幕的标称尺寸则是其显示部分对角线的实际尺寸。此外, 无论是 CRT 还是 LCD 显示器, 其场幅度和行幅度均可随意调整, 使用时一般只保证屏幕上的圆形基本圆整即可, 其屏幕垂直方向与水平方向的放大倍率不会完全一致。这些因素都增加视频放大系数的计算难度。

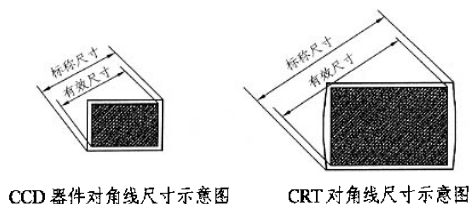


图3 CCD和CRT对角线的标称尺寸与有效尺寸

Fig. 3 Effective and nominal size for CCD and CRT

目前, 要精确地测量目标物的尺寸, 只有借助显微镜专用物镜测微尺, 即台尺 (一般为 2 mm 规格, 每

格 0.01 mm) 来进行标定, 方法如下: 先将显微摄像系统安装调试好, 开机预热后在载物台上放置物镜测微尺, 在水平和垂直方向分别摄取图像; 再利用图像分析软件对图像中的刻度尺依次进行二值化处理和细化处理, 计算刻度格线之间的像素数量; 最后进行统计处理, 得到在某一放大倍率物镜下, 像素间距离与实际物理尺寸之间的对应关系, 从而精确测量出镜下目标物的实际尺寸。

2 CCD 摄像机的技术性能参数

CCD 是摄像机的主要部件, 其工作原理是: 被摄物体反射光线传播到镜头, 经镜头聚焦到 CCD 上, CCD 根据光的强弱积聚相应的电荷, 经周期性放电, 产生表示画面的电信号, 经过滤波、放大处理, 通过摄像头的输出端子输出一个标准的复合视频信号^[5]。

CCD 摄像机的主要技术性能参数包括分辨率、最低照度 (也称灵敏度) 以及信噪比等。分辨率决定显示图像的清晰程度, 分辨率越高, 图像细节的表现越好。灵敏度是 CCD 对环境光线的敏感程度, 反映 CCD 正常成像时所需要的最暗光线, 照度数值越小, 表示需要的光线越少, 摄像头越灵敏。信噪比的典型值为 46 dB, 如果为 50 dB, 则表明图像有少量噪声, 但图像质量较好。

在配置显微图像分析仪时还需要特别注意 CCD 靶面的尺寸, 目前摄像机的 CCD 靶面大多为 1/3 或 1/4 英寸 (对应宽×高分别为 4.8 mm×3.6 mm 和 3.2 mm×2.4 mm)。CCD 靶面的大小, 以及 CCD 与镜头的配合情况, 将直接影响视场角的大小和图像的清晰度。

3 图像采集卡的技术性能参数

目前广泛应用的摄像机是模拟信号摄像机, 与其相应的是模拟图像采集卡, 这种卡上设有 A/D 转换芯片, 可对输入的标准复合视频信号先实施采样, 然后进行量化, 转换成数字图像信号。选购图像采集卡时应注意:

1) 图像格式 (像素格式)。通常黑白图像的灰度等级分为 256 级, 即以 8 位表示。当对图像灰度有更精确要求时, 可用 10 位、12 位等表示。

2) 分辨率。采集卡支持的最大点阵反映其分辨率的性能, 一般采集卡应能支持 768 点阵×576 点阵。

3) 传输速率。图像采集卡与主板间一般采用 PCI 接口, 其理论传输速度为 132 MB/s。

4 木材显微图像分析仪的软件开发

4.1 软件基本功能

1) 显示和保存图像。在计算机上显示数字图像需要对图像采集卡进行编程。目前出售的图像采集卡都带有软件开发包,有些还附带具备视频图像显示和调节功能的实用演示软件。利用这些软件可以在计算机上直接显示动态显微图像,调节图像的亮度和对比度,或采集单帧静止图像。

如果图像采集卡的灰度等级是 8 位,那么,使用 Windows 下常见的 BMP 格式文件,就可完整地存储图像内容。由于目前 CCD 摄像机的分辨率远低于数码相机,因此,对于后期需要进行分析测量的原始图像,尽量不用 JPEG 文件格式来存储,因为 JPEG 图像是一种有损压缩格式文件,在重放图像时会出现“马赛克”,影响图像的处理和分析。

2) 处理与分析图像。对图像进行处理与分析时,软件不仅要具有友好的人机交互界面,而且要具备以下基本功能:

① 图像文件的输入、显示和保存功能。软件应能处理多种类型图像格式文件,如 BMP、JPEG、TIFF 以及 RAW 等格式文件,其中 RAW 文件中存储的是量化后的亮度信号数据,在打开之前应先查询文件所记录的基本信息,如图像的灰度等级、宽度、高度,以及是否记录多幅图像内容等。

② 图像的区域剪裁功能。摄像机采集的图像一般为矩形,图像边缘附近常出现锯齿波纹和采样不全等缺陷;而且,对图像的分析与测量通常要求在一定范围内进行;因此,软件必须具备区域剪裁功能。

③ 图像的旋转、增强以及二值化处理和目标测量功能。一般通用图像处理软件都具备这些功能,区别只是功能的强弱、多少。由于大量的分析、测量过程都发生在这一阶段,因此要注意人机交互界面应保持与用户常用软件操作习惯的一致性。

④ 对图像分析测量中间结果的保存,和对最终结果的显示、打印和保存功能。这是分析测量软件有别于其他图像处理软件的主要方面,应具备对中间分析测量数据的暂时保存和反复使用,以及按规定格式正确输出结果的功能。

4.2 软件开发方式

木材显微图像分析仪软件的开发,通常是在通用图像处理软件的平台上进行,以定制专业分析和测量功能。根据通用软件二次开发条件的不同,木材显微图像分析仪的软件开发主要有 2 种方式:

一种是利用通用软件已有的预置算法和操作功

能,进行类似计算机批处理作业的宏语言程序编制。具备这种二次开发条件的图像处理软件,不仅能让用户按菜单按钮进行功能操作,而且还内嵌有可调用预置功能和算法的宏处理语言,具备自动判断中间计算结果,依次运行多个操作步骤和算法的能力^[6]。但目前多数此类软件在生成最终结果报表和打印排版方面尚存在不足,主要是由于常用打印机采用整页面输出方式,无法协调好中间计算数据的实时间断输出与最终结果的完整连续输出之间的关系。

另一种是对通用软件已有基本运算功能的扩展。如多数通用图像处理软件所预置的灰度图像二值化算法,是一种基于灰度直方图中目标与背景呈明显双峰分布的迭代算法,对于实际木材显微图像的二值化效果会明显降低,因此针对特定图像的二值化处理,需要用户自行开发或选择算法。目前部分通用图像处理软件通过提供 Plug-in 方式,使用户可以自行编写算法,扩展软件使用功能^[7]。

在选择通用软件时,要注意所选通用软件应具备详细的使用说明书,包括各种操作功能和可用函数的使用说明,图像处理算法的基本原理说明,以及是否提供程序源代码。此外,还要了解软件的二次开发支持程度。当前免费软件和商业付费软件并存。免费软件使二次开发具有更多的灵活性,但对软件开发者的技术要求较高,难以在专业领域内普及。商业软件虽然费用较高,但是二次开发的技术支持有保障,项目成功的可能性大。

目前常用的图像处理软件有以下几种:

1) Photoshop 通用图像处理软件,是一种商业付费软件,图像处理功能强大,具备二次开发功能,但是不适合目标的测量与计算;

2) Osiris360 医用图像处理软件,适用于生物、医学领域的图像分析和测量,软件本身不具备二次开发功能,但是软件源代码可以付费获取,用户可以通过修改源代码间接进行二次开发;

3) NIH 图像处理软件,由美国国立医学研究院开发,适用于生物、医学领域的图像分析和测量。软件用 Pascal 语言编译,在 Macintosh 微机上运行,源代码公开;

4) ScionImage 图像处理软件,是 NIH 图像处理软件的 Win32 版本,免费但源代码不公开,其算法、操作功能与 NIH 图像处理软件相似,使用说明书详尽,具有宏处理语言二次开发功能;

5) ImageJ 图像处理软件,NIH 图像处理软件的

(下转第 18 页)

素。液比由 1 提高到 2 时,2 种木材的液化效率明显提高;在 2~3 范围内,液比对木材液化反应的影响减弱。2 种木材液化产物的重均分子量及分子量分布均随液比的升高而减小。

2) 催化剂用量对 2 种木材液化反应效率、液化产物的重均分子量及分子量分布有重要影响。在 0.5%~2% 范围内,增加催化剂用量,能显著提高 2 种木材的液化效率。杨木对催化剂用量的反应比杉木更敏感。2 种木材液化产物的重均分子量及分子量分布随着催化剂用量的增加而增大。

参考文献:

- [1] Pu S, Shiraishi N. Liquefaction of Wood without a Catalyst[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1993, 39(4): 446-458.
- [2] Pu S, Shiraishi N. Liquefaction of Wood without a Catalyst: IV. Effect of Additives, Such as Acid, Salt, and Neutral Organic Solvent [J]. Mokuzai Gakkaishi, 1994, 40(8): 824-829.
- [3] Lin L, Yao Y, Yoshioka M, et al. Liquefaction Mechanism of Lignin in the Presence of Phenol at Elevated Temperature Without Catalysts-Studies of β -O-4 Lignin Model Compound[J]. Holzforschung, 1997, 51(4): 316-337.
- [4] Lin L, Yao Y, Shiraishi N. Liquefaction Mechanism of Lignin Model Compound in the Presence of Phenol under Acid Catalysts

[J]. Holzforschung, 2001, 55(6): 617-630.

- [5] Alma M, Yoshioka M, Yao Y, et al. Preparation of Sulfuric Acid-catalyzed Phenolated Wood Resin[J]. Wood Science and Technology, 1998, 32(4): 297-308.
- [6] Alma M, Yoshioka M, Yao Y, et al. Preparation and Characterization of Phenolated Wood Using Hydrochloric Acid (HCL) as a catalyst[J]. Wood Science and Technology, 1995, 30 (1): 39-47.
- [7] 张求惠,赵广杰. 木材的苯酚及多羟基醇液化[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(6): 71-76.
- [8] 何江,吴书泓. 木材的液化及其在材料中的应用[J]. 木材工业, 2002, 16(2): 9-12.
- [9] 罗蓓,秦特夫,李改云. 木材液化及其利用[J]. 木材工业, 2004, 18(5): 5-7, 14.
- [10] Li G, Qin T, Ikeda A. Preparation and Characterization of the Phenolated Wood Using Sulfuric Acid as a Catalyst: I. Liquefaction Behavior of Plantation Wood[J]. Chinese Forestry Science and Technology, 2002, 1(4): 63-66.
- [11] Li G, Qin T, Ikeda A. Preparation and Characterization of the Phenolated Wood Using Sulfuric Acid as a Catalyst: II. FT-IR and GPC Characterization[J]. Chinese Forestry Science and Technology, 2003, 2(2): 43-49.
- [12] 李改云,秦特夫,黄洛华. 酸催化下苯酚液化木材的制备与表征 [J]. 木材工业, 2005, 19(2): 28-31, 42.

(责任编辑 向 琴)

(上接第 14 页)

Java 版本,源代码公开,具备 Plug-in 和宏处理语言的软件二次开发功能,但与传统 Windows 应用程序相比,人机界面的操作习惯不太一致。

4.3 软件开发实例

笔者利用 ScionImage 软件开发了一套用于阔叶树微观结构测量和计算的程序,可以对阔叶树木材的组织比量进行测定,包括 Total Walls Area Percentage, Big Vessels Area Percentage 等;还可测定阔叶树木材导管的分布频率,包括 Mean Value, SD Value, Max Value, Min Value 等。所测定项目可与英国 Q570 图像分析仪的测定项目完全对应,并且,测量结果均能打印,也可形成文件自动保存。

5 建议

目前,普及型木材显微图像分析仪已经进入木材实验室,这类显微图像分析系统的硬件设备性能已日臻成熟,但在软件的应用与开发方面尚有待完善。如在灰度图像的二值化算法运用方面,还需做有针对性的算法改进工作;又如在目标提取方面,还存在需要人为干预的过程,这一过程需要花费相当长的时间,

严重影响样品的处理速度和测量结果的准确性,如果能进一步研究该过程的自动化算法,实现目标的自动提取,就可以显著地提高样品分析的速度和保证测量的客观性,从而进一步提高图像分析仪的使用效率和普及程度。

参考文献:

- [1] 曾其蕴,傅秀珍. 应用自动图像分析仪对两种杨树木材组织比量的定量测定[J]. 林业科学, 1985, 21(1): 53-60.
- [2] 袁竞,张雄. 用图像分析仪研究矿粉的几何特征[J]. 建筑材料学报, 2002, 5(4): 320-325.
- [3] 王新宇,张春平. 大视场光学系统在生物学中的应用[J]. 光机电信息, 2001(9): 32-34.
- [4] 牛慈策. 图像信息获取中的光电电子技术[J]. 深圳大学学报(理工版), 2001, 18(3): 75-87.
- [5] 王庆有. 图像传感器应用技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2003.
- [6] Patricia Sievert. A Scion Image Primer for Science Educators [D]. Illinois: Master Paper for Northern Illinois University, 2001.
- [7] 刘毅,陈慧蓉. Plug-in 结构应用程序设计[J]. 计算机应用, 2002, 22(4): 9-11, 14.

(责任编辑 向 琴)