

应用技术

基于激光三角法测距的木段轮廓数字化研究

刘芳, 王楠, 刘渝

(北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 由于原木段形状不规则,传统的原木定心法难以获得最佳定心位置。开发一种设备造价低廉、易于实现的木段轮廓激光三角法测距扫描法,通过将激光光源投射在定轴旋转的木段上,获得木段反射图像,再经软件处理,获得木段表面与旋转轴中心的实际位移,建立木段三维数字轮廓,可大大提高定心精度,实现木段优化定心设计。

关键词: 激光三角法; 木段轮廓; 数字化; 图像

中图分类号: TS653

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2012)05-0049-03

Digitalization of Block Profiles Based on Laser Triangulation Scanning

LIU Fang, WANG Nan, LIU Yu

(Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: As the irregular shape of blocks, it is difficult to get the best positioning with traditional positioning methods. The authors developed a new precise scanning method which is cheap and could easily transform blocks profiles into digitization. By projecting laser beams on rotating blocks, reflected images of the blocks were obtained. Then processed by software, the actual displacement from the blocks surface to the axis of rotation centers was calculated. Finally, the 3D contour of the blocks can be easily constructed.

Key words: laser triangulation; block profile; digitalization; image

采伐的原木首先需要进行旋切、锯切或刨切等初加工,但由于树木生长的原因,原木段常呈现不规则的形状,并具有各种缺陷,传统的加工方法仅依靠经验进行目测或简单机械定心,难以实现木材的优化加工,造成木材产品等级率、木材利用率及生产效率低下等问题。

原木材料数字化,是先收集其形状、构造等信息,然后转换成电脑可接受的数据,再利用软件对这些数据进行分析,从而得出最佳的原木段加工方案;将数字信息和加工数据传输到加工设备,进而可实现原木段加工数字化^[1]。

德国 Linck、芬兰 Raute 等公司,已开发出利用

数字化技术的原木锯解、旋切生产线,其采用激光扫描木段并实现数字化优化定心后进行旋切,单板出材率可提高 2%~15%,碎单板减少 20%~50%^[1]。国内也有学者进行了原木数字化的研究,但还未在实际生产中应用,其中一个重要原因是,数字化设备投资过大。

本研究针对提高旋切单板出材率,提出一种投资小、实用的木段数字化方法,以期为促进国内木段数字化技术的应用提供技术支持。

1 木段轮廓数字化方法对比与优化选择

目前,实现木段轮廓数字化的扫描方法有:机械接触扫描法,摄像扫描法,X射线扫描法和激光扫描法等。其中,激光扫描法能获得精准的原木形状数据,且相关研究与应用亦较广泛,其他几种方法不是

收稿日期: 2012-02-22; 修改日期: 2012-08-16

作者简介: 刘芳(1987—),女,北京林业大学硕士研究生。

通讯作者: 刘渝,男,北京林业大学副教授。

精度有限就是效率较低或造价过高,研究较少且未有应用。

激光扫描法的基本原理是,利用激光测距,获得被测物体表面与光源的距离,完成物体各点检测后,经过数据转换,得到物体的三维形状。

激光测距有时间法、相位法、干涉法和三角法等,在实际生产中,原木段轮廓数字化大多采用激光三角法扫描法,其特点是非接触测量、精度较高、检测速度快,采样频率可达 16 kHz。专用的激光三角法扫描系统十分昂贵,且目前国内还不能生产,国外开发的二维激光扫描器造价很高,而我国木材加工企业 90% 是中小型企业,难以接受投资过大的设备系统,限制了先进技术的推广应用。因此,开发造价低且实用的原木段数字化系统意义重大。

基于以上原因,笔者选用造价低廉的通用工业数字摄像机为主要器件,利用激光三角法测距扫描,实现木段轮廓的数字化。

2 试验原理与方法

2.1 试验原理

1) 激光三角法测距

激光三角法测距是从光源发射一束光到被测物体表面,在另一方向通过成像系统观察反射光点的位置,从而计算出物点的位移。由于入射光和反射光构成一个三角形,因此该方法被称为三角测量法^[2]。原理如图 1 所示,细光束沿投影光轴投射到 O 点,在另一方向上,光点的像被光敏面 CCD 接收。图中 X 为物面的深度变化, θ 为投影光轴与物镜轴夹角,X' 为 CCD 光敏面上图像光斑的质心偏移^[3]。

2) 激光轮廓扫描

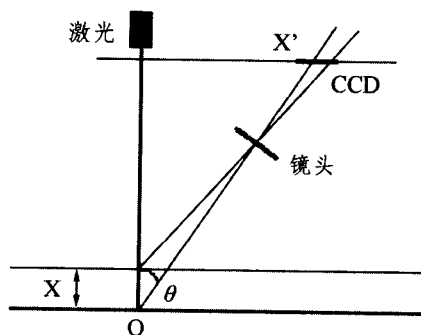


图 1 激光三角法测距原理

Fig. 1 Schematic diagram of laser triangulation

基于激光三角法测距原理,采用点光源和线 CCD/CMOS (Charge-coupled device, Complementary metal oxide semiconductor) 图像传感器,可以获得点位移;如果将激光光源变为线光源,并采用面 CCD/CMOS 图像传感器,则可以获得线位移。在线位移检测的基础上,如果令被测物体或光源和传感器作一定方式的相对运动,就可以进行实时扫描,检测并处理得到物体的三维形状数据。

利用 LD 激光线光源,结合 CMOS 数字摄像机组成测距系统,对原木段进行测距扫描,以获取木段旋转一周不同角度的轮廓形状图像,经过图像处理、软件计算,得出原木段形状的数字数据。原理如图 2 所示。

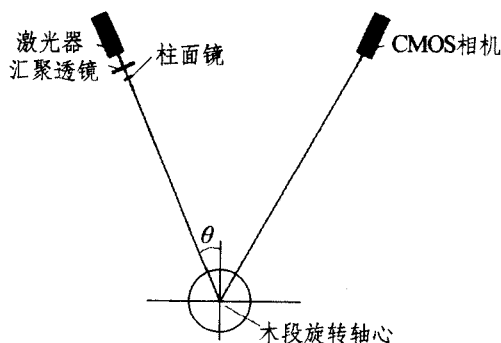


图 2 原木段轮廓激光三角测量法示意图

Fig. 2 Block profile laser triangulation scanning method

依据本试验所用木段的半径大小,测距范围设定为 60~160 mm,考虑到实际生产中,木段可能会出现弯曲,故测距范围扩大至 200 mm。由于木段表面为原木去除树皮的粗糙面,检测精度设为 ± 1 mm。

2.2 试验材料

以小径杨木 (*Populus*) 为测试对象,长度 1.2 m, 2 段,其中 1 号木段直径约 16 cm, 2 号木段直径约 32 cm,购自北京东坝木材市场。

2.3 试验装置

LD 激光:发光波长 635 nm,功率 3 mW,通过光学柱面镜将其变换为约 1 mm 宽,长度大于 2 m 的线光源。

CMOS 数字摄像机:亦属于二维 CCD/CMOS 图像传感器,300 万像素,变焦镜头 2.7~12 mm,图像最高分辨率 2 048×1 356。

采用槽钢制作成稳固的机架,其上有卡轴固定原木段并可使之旋转。激光器和摄像机用钢管固定在机架上方两端,见图 3。



图3 试验机架

Fig. 3 The experiment frame

3 试验数据采集与分析

3.1 系统标定

通过调整激光光源,使之与旋转轴心线重合;调整摄像机位置与变焦倍数,使旋转轴位于摄取图像的中心并水平放置,并使被测范围完整地呈现在图像中。进行半径标定^[4],得出关系式:

$$r = -1.063p + 655.09 \text{ mm}$$

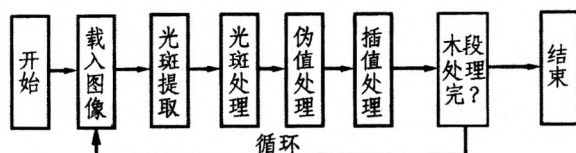
式中: r 为木段半径,mm; p 为图像像素。

系数-1.063是影响检测精度的重要因子,该系数的绝对值越小,则检测结果越精确。该值主要取决于数字相机分辨率和光学镜头倍率,因此,要获得更高的检测精度,就必须提高数字相机的分辨率或光学镜头的倍率。

3.2 数据采集与处理

在完成标定的基础上,分别对2个木段试件进行测距扫描和数据采集,将木段固定在旋转轴上,并使之按一定角度旋转,木段每转过 10° 摄取一帧图像,每个试件采集36幅图像。

由于获得的试件图像中包含大量无用信息,如木段非激光照射部分、环境图像等,需要进行处理,才能得出木段位移/半径数据。本研究开发的软件处理流程如下:



需要通过激光反射光斑来反映木段半径,由于激光发散和木段表面对光的吸收和反射作用,其反射光斑形状并不是点/线状、色泽也不完全是激光原色,需

要对其进行光斑提取和光斑处理,以获得准确的激光点信息。

另外,木段表面情况复杂,可能因形状、色泽等因素造成伪数据和数据缺省,因此,还需要进行伪值处理和插值处理^[5]。

通过数据处理,获得原木段轮廓数据数组后,再利用软件定心模块处理木段轮廓数据,即可获得该木段的最佳旋切定心点^[6]。

3.3 数据验证

将木段轮廓数据与1、2号木段的实际尺寸数据进行对比,回归分析的结果显示:实测值与检测值为强相关,其中木段1的相关系数为0.88;木段2的相关系数为0.95,算术平均差分别为0.30 mm和0.31 mm。

4 结论

1) 通过本研究开发的扫描方法,得到的木段轮廓检测数据,与原木段实测值达到强相关性;且半径分辨率达到1.063 mm,检测精度达到 ± 1 mm。实现了长度1.2 m,直径12~32 cm原木段轮廓的数字化,对实现原木段的优化加工、提高单板出材率和生产效率有利。

2) 进口专用激光三角法扫描(三维)系统售价达数十万元,而本研究开发的检测装置仅数万元。考虑国内现状,可以利用其在木材集散地设立检测点,标定每根原木段最佳定心点后,再分送往各加工点。

3) 在今后的研究中,有待对激光三角法测距扫描方法进行改进,扩展应用于更大尺寸原木段的数字化或其他场合的形状检测。

参考文献:

- [1] 王楠,刘渝. 实木数字化与优化加工[J]. 林产工业,2010,37(2):42-44.
- [2] 冯俊艳,冯其波,匡萃方. 高精度激光三角位移传感器的技术现状[J]. 应用光学,2004,25(3):33-36.
- [3] 卢晋人,黄元庆. 激光三角法测量表面形貌[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2004,43(1):50-53.
- [4] 陈琳. 基于激光测距的三坐标测量系统研究[J]. 光学仪器,2002,24(2):7-12.
- [5] 李兰君,喻寿益. 单点激光三角法测距及其标定[J]. 研究与开发,2003,25(10):49-51.
- [6] 童雀菊,华毓坤,黄元生. 用图像处理法采集原木形状参数的研究[J]. 林业科学,1998,34(3):88-96.

(责任编辑 张一萍、姜征)