

·光电系统·

基于线激光扫描的三维重构系统设计

杨 薇, 赵 娟, 周学威, 蔚慧甜

(中北大学 信息探测与处理技术研究所, 山西 太原 030051)

摘要:文中以光电检测技术为基础,完成了柱状机械零部件的激光扫描检测以及其三维重构系统的设计。传统的测量方法,会使被测物体表面发生微小变形,导致测量精度下降。光学技术的引入,实现了非接触测量。激光更是由于其速度快、精度高、量程大、抗光电干扰能力强得到了广泛的应用。文中实现对柱状机械零部件的外径、高度的快速准确的测量,及曲面的三维重构。该系统切实可行、操作简单,可以精确地恢复出二维图像检测方法所不能提供的物体的位置、几何形状等三维信息。

关键词:激光检测;最小二乘拟合;三维重构

中图分类号:TN247

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2011)05-0005-03

3D Reconstruction System Design Based on Line Laser Scanning

YANG Wei, ZHAO Juan, ZHOU Xue-wei, YU Hui-tian

(Institute of Signal Capturing & Processing Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Based on the optical detection technology, the columnar machine parts are tested by laser scanning and three-dimension (3D) reconfigurable system is designed. Traditional measurement methods lead to a small deformation of the measured object surface, and even the accuracy decreases. This problem is solved with realization of a non-contact measurement by the introduction of optical technology. Laser is used widely due to its high speed, high precision, large range and strong anti-electrooptical jamming. The outer diameter and the height of columnar mechanical parts are measured precisely, and the surface of the 3D reconstruction is achieved. The system is feasible and simple, it can restore precisely the location of the object, geometric shapes, and 3D information that the 2D image detection method cannot provide.

Key words: laser detection; least-squares fitting; 3D reconstruction

目前,对测量技术的精度和效率的要求越来越高^[1],传统的检测原理和技术已经难以适应这个新的要求^[2]。激光测量系统速度快、自动化程度高、造价较低等优点^[3],在工业产品的加工和检测以及航空、航天等领域都有着重要的应用意义。

1 系统设计

1.1 基本原理

激光位移传感器是基于三角测量原理的^[4],它采

用激光作为光源投射一个亮点或者直线条纹到被测物体表面,经物体反射的激光通过接收器镜头,被内部的CCD线性相机接收,根据不同的距离,CCD线性相机可以在不同的角度下“看见”这个光点^[5]。根据这个角度及已知的激光和相机之间的距离,数字信号处理器就能计算出传感器和被测物体之间的距离^[6]。

图1为激光三角法测量的原理示意图。当被测物体的表面位置从位置O移动到位置A时,位移变化量为 l ,反射光线在光电接收器上的像点相应地从

收稿日期:2011-07-22

基金项目:国家自然科学基金项目资助(61071193)

作者简介:杨薇(1985-),女,山西阳泉人,硕士研究生,主要研究方向为图像检测及三维建模。

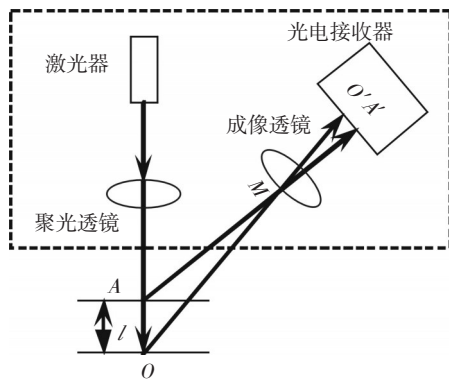


图1 激光三角法测量原理示意图

O' 点移动到 A' 点, 位移变化量为 s , 则

$$l = \frac{sd \sin \theta'}{d' \sin \theta + s \sin(\theta + \theta')} \quad (1)$$

式中, d 为透镜的物距即 OM ; d' 为透镜的相距即 $O'M$; θ 为入射光与成像透镜中心轴的夹角即 $\angle AOM$; θ' 为光电接收器与成像透镜中心轴的夹角即 $\angle A'O'M$

1.2 系统设计

整个测量系统如图2所示, 计算机通过电机控制模块对伺服单元进行控制, 使其经驱动器对伺服电机A和伺服电机B进行驱动, 并利用激光传感器对被测工件表面进行扫描, 以获取其表面任意一点的位置信息。

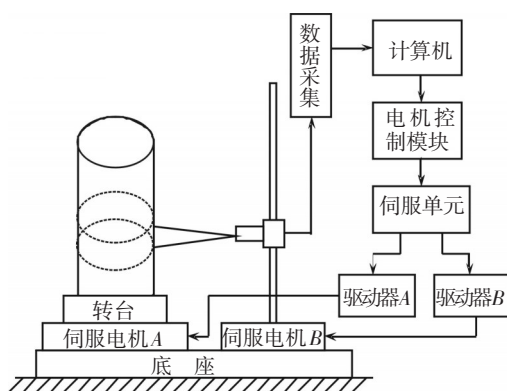


图2 测量系统示意图

2 数据预处理

通过传感器获得的为位置信息, 所以在拟合前需要进行数据预处理。

如图3所示, 取某一截面, 以转台轴心为原点建

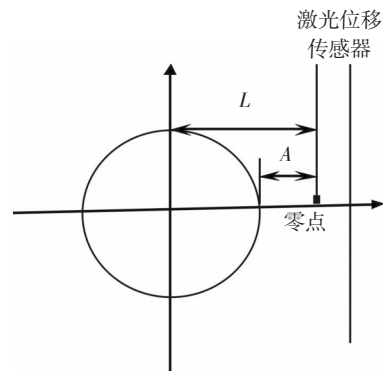


图3 截面示意图

立 $x y$ 坐标系。 R 为被测物体该截面上的半径; D 为轴心到传感器发射面的距离; L 为轴心到零点距离; A 为采集的数据, 则 $R = D - (L - A)$ 。

设该截面上采样点坐标为

$p_i = (x_i, y_i), i = 1, 2, 3, \dots$; θ 为每个采样点间转过的角度 $\theta = 2\pi/i$, 则第 k 个点的坐标为

$$\begin{cases} x_k = R_k \cos \theta \\ y_k = R_k \sin \theta, & k \leq i \\ z_k = k\Delta z \end{cases} \quad (2)$$

3 数据拟合

在测量领域的信号处理中常会遇到需要根据已知的离散点坐标求取圆心坐标和半径大小的问题^[8]。理论上, 这些离散的点在平面内可以构成一个圆^[9]。本系统测得数据为工件表面各点的坐标, 要处理同层数据就存在拟合圆的问题。

MATLAB 是美国 Math Works 公司出品的商业数字软件^[10], 用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级基数计算语言和交互式环境^[11]。它主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通讯、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。文中用该软件进行数据拟合。

数据拟合的方法有很多, 文中采用了最小二乘法。

最小二乘法 (least squares analysis) 是一种数学优化技术, 它通过最小化误差的平方和找到一组数据的最佳函数匹配^[12]。最小二乘拟合即寻找一条曲线使在误差平方和最小的准则下与所有数据点最为接近, 也即找出使 $\sum_{i=1}^n |\phi(x) - y_i|^2$ 最小的 $\phi(x)$ 。

对经过预处理的数据进行最小二乘法拟合, 拟合曲线 $x^2 + y^2 + ax + by + c = 0$ 。设圆心坐标为

(x_0, y_0) , 半径为 R , 则

$$\begin{cases} x_0 = -0.5a \\ y_0 = -0.5b \end{cases}$$

$$R = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{4} - c} \quad (3)$$

拟合所得效果如图4所示

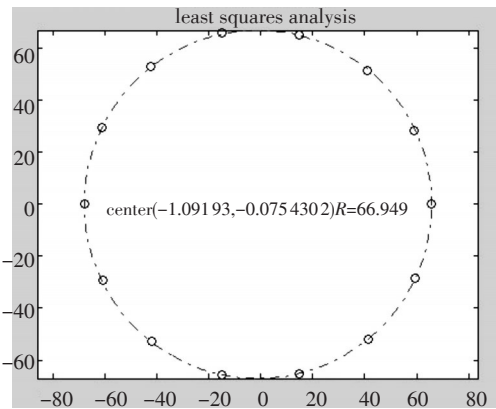


图4 最小二乘法拟合图

4 三维重构

依据2D激光位移传感器对被测柱状工件表面的扫描检测所得到的三维数据,利用MATLAB软件来恢复产品几何形状(即曲面三维重构)。具体流程图如图5所示。

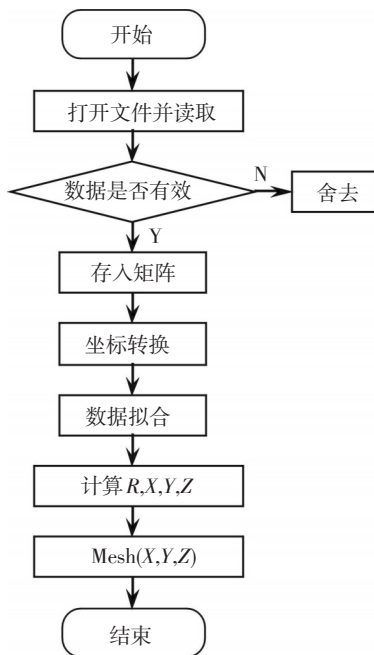


图5 流程图

5 实验结果

根据图5流程图对被测工件进行曲面三维重构,

如图6所示,由此可知实验方案满足要求。

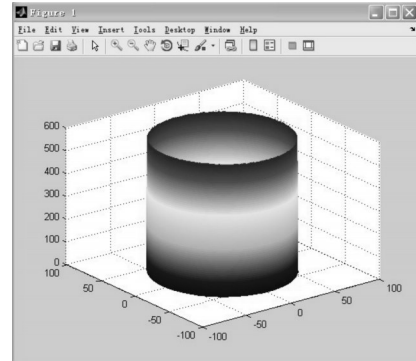


图6 曲面三维重构图

6 结束语

文中的激光测量系统简单易行,具有很强的实用性,通过MATLAB语言编写完成曲面三维重构,为相关领域提供了较好的模型和方法,具有很强的实际使用价值。但本系统在精度方面亟待进一步提高。

参考文献

- [1] 李浩, 花国梁. 精密测量技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 2001:2-5.
- [2] 赵伟博. 基于线激光扫描的三维测距系统[D]. 杭州: 浙江大学, 2008:3-5.
- [3] 高岳. 光电检测技术与系统[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009:9-14.
- [4] 杜清府, 刘海. 检测原理与传感技术[M]. 山东: 山东大学出版社, 2008: 258-300.
- [5] CharloCLee. Design of a High Resolution Electron-optical System[J]. SPJ, 2005(3):37-39.
- [6] W Ma. Surverring and Mapping Covers by Using 3D-digital Technologies[C]// On Virtual Systems and Multimedia, 2006:368-376.
- [7] 孙爱武. 基于激光扫描数据的室外场景表面重建方法[J]. 系统仿真学报, 2005(2):384-391.
- [8] 杨练根, 王选择. 新型表面形貌测量仪器[M]. 北京: 科学出版社, 2008:178-189.
- [9] 张国玉. 三维曲面激光扫描光三角监测系统[J]. 中国激光, 2003, (30):140-141.
- [10] (美)穆尔. MATLAB实用教程[M]2版. 北京: 电子工业出版社, 2010:23-27.
- [11] 张德丰. MATLAB/Simulink 建模与仿真实例精讲[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010:52-59.
- [12] 张军峰. 基于MATLAB的曲线拟合技术的实现[J]. 仪器仪表, 2007(2):95-96.