

三维物体 360° 面形自动测量方法*

苏显渝 程晓雪 郭履容

(四川大学物理系)

提 要

提出一种三维物体 360° 面形自动测量方法。简要介绍了方法原理, 系统结构, 信息获取与处理方案, 并给出对圆锥-圆台金属模块和人头石膏模型 360° 面形测量结果。

关键词: 三维面形测量; 机器视觉光学。

三维物体 360° 面形测量, 在机器视觉、实物仿形、自动加工、产品质量控制等领域具有重要意义。已有的三维面形测量方法, 包括莫尔轮廓术、傅里叶变换轮廓术、相位测量轮廓术^[1~3]以及我们最近提出的一种改进的傅里叶变换轮廓术和采用准正弦投影光场的三维面形测量系统^[4], 均比较适于作一个视角方向上三维面形的测量, 即以 $z=z(x, y)$ 表示的三维面形。但对于三维物体 360° 面形测量, 即以 $r=r(y, \theta)$ 表示的三维面形, 则并不适用。虽然 M. Haliona 等人曾提出一种基于相位测量原理的 360° 面形测量方法^[5], 但测量时需要反复移动投影光栅, 数据获取率低, 需要较长测量时间。本文提出一种能高速度、高精度进行三维物体 360° 面形测量的方法。其工作原理如图 1 所示。

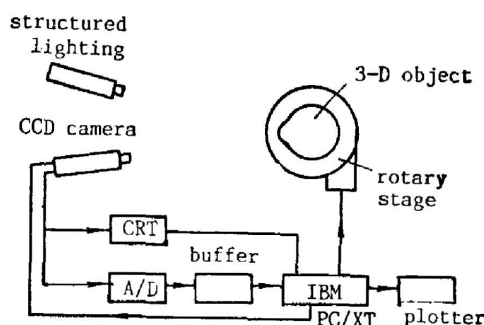


Fig. 1 Schematic Diagram of 360° Surface Measurement

照明光源产生高斯分布的线状结构照明光场, CCD 面阵摄像机以视频速度获取观察光场信息, 视频信号通过高速模数转换、帧存储器进入微机, 进行数据处理。微机通过接口, 同时控制旋转工作台的驱动电机, 使待测物体作 360° 旋转。测量结果可由 CRT 显示或由绘图仪画出。假定待测物体 360° 面形为 $r=r(y, \theta)$, 其中 y 轴是旋转轴, θ 为转角, r 是面形上一点到转轴的距离。设投影光场分布为 $f(x, y)$, 观察光场分布为 $g(x, y)$, 它反映了面形对 $f(x, y)$ 的空间调制, 记为 $g(x, y) = \mathcal{F}\{f(x, y)\}$, \mathcal{F} 是空间调制算符, 它由面形 $r=r(y, \theta)$ 唯一确定, 在一定的条件下对 $g(x, y)$ 进行计算解调, 便可求出面形 $r=r(y, \theta)$ 。

本文设计了一种产生高斯分布线状结构照明光场的投影器。投影器由 He-Ne 激光器, 球面和柱面透镜组, 显微物镜和针孔滤波器组成, 它所产生的线状光束在一维方向 (y 轴) 发散, 在另一维方向 (x 轴) 会聚, 形成一条窄细光带, 在 x 和 y 方向光强仍保持高斯分布。从 $g(x, y)$ 求解 $r=r(y, \theta)$ 的过程, 本质上只是确定由三维面形引起的高斯分布中心偏移量。

收稿日期: 1988 年 12 月 28 日

* 国家自然科学基金资助的项目。

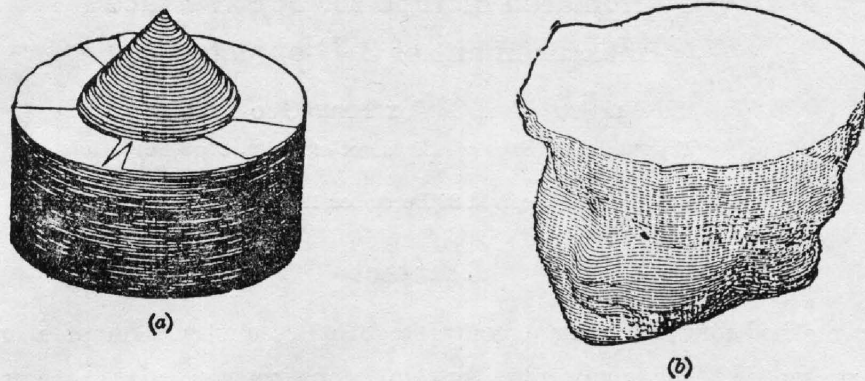


Fig. 2 Experimental results of the reconstructed 360° surface of 3-D objects
 (a) the reconstructed 360° surface of a cone-cylinder model
 (b) the reconstructed 360° surface of a women head model

并按三角测量原理进行计算。我们对比了多种确定高斯分布中心的算法: 极值法, 阈值法, 矩法、高斯拟合法。采用较复杂算法确定高斯分布中心, 例如高斯拟合法, 可以大大提高测量精度, 但以增加测量时间为代价。可以根据一定的精度和速度要求, 确定合理的信息处理方案。我们选择的信息处理方案是: 对首帧采样图像用极值法高速、低精度预定光场中心, 在包括光场中心的一个浮动小窗口内多帧采样平均, 采用阈值法和线性插值确定光场中心准确位置, 较好地处理了精度和速度的矛盾。由高斯分布中心偏移量计算面形高度, 可以采用查表法, 实现高速处理。预先由系统几何参数, 建立光场中心偏移量与面形高度数据的对应表, 也可以用标准面形模块对系统参数进行自动校准, 并直接产生高度表。

实验采用的系统主要参数: $L=1200\text{ mm}$, $\alpha=24^\circ$, COD 面阵 500×582 。实验结果表明: 系统定位精度优于 0.2 个像素, 即深度分辨率可达深度测量范围的 $1/2500$ (不包括机械转台的精度), 测量速度约 $10,000\text{ Point/min}$ 。采用这种方法对两种实物模型 360° 面形的测量结果示于图 2, 图 2(a) 是圆锥-圆台模块, 图 2(b) 是石膏人头像。这种方法的优点是能够快速、高精度地进行 360° 面形测量, 在机器视觉、实物仿形、产品质量控制、医学调查、人类工程学等领域具有极好的应用前景。

有关系统结构, 数据处理方法以及工业应用实例的详细描述将另文发表。

参 考 文 献

- [1] H. Takasaki; *Appl. Opt.*, 1970, **9**, No. 6 (Jun), 1467.
- [2] M. Takeda and K. Mutoh; *Appl. Opt.*, 1983, **22**, No. 24 (Dec), 3977.
- [3] V. Srinivasan *et al.*; *Appl. Opt.*, 1984, **23**, No. 18 (Sep), 3105.
- [4] Su Xianyu, Li Jiao, Guo Lurong; *Proc. SPIE*, 1988, **954**, 32.
- [5] M. Haliona *et al.*; *Appl. Opt.*, 1985, **24**, No. 14 (Juy), 2193.

An automated method for 360° surface measurement of 3-D objects

SU XIANYU, CHEN XIAOXIE AND GUO LURONG
(Department of Physics, Sichuan University, Chengdu)

(Received 28 December 1988)

Abstract

A new method for obtaining a complete 360° reconstruction of a general 3-D object is presented. The principle, system construction, data acquisition and processing schedule, and experimental results are described briefly.

Key words: 3-D shape measurement; machine vision optics.

1.5 米高分辨率光栅单色仪

1.5 米高分辨率光栅单色仪具有如下特点:

- 分辨率高
- 彗差很小,可忽略不计。光谱线型完全对称
- 色散为常数 · 杂散光低
- 波长扫描系统精密,可手动、波长控制箱控制和微机控制自选
- 可摄谱

研制单位	中国科学院长春光机所
联系地址	吉林省长春市斯大林大街 112 号
邮政编码	130022
电报挂号	6109
联系人	陈星旦

一、仪器结构

1. 光路 仪器光路采用单通和双通合一,单色仪和摄谱仪合一的结构,光路系统是典型之字形排列的彗差相消的 C-T 型,光路主要组成部分为一块全息光栅,两块凹球面反射镜,两个狭缝,一组滤光片,摄谱转向镜和暗盒,以及为达到两次色散(双通)而设置的二块平面反射镜。

2. 扫描机构 仪器由微机或驱动控制器控制步进电机带动正弦机构实现波长扫描,在自动控制器控制扫描时,通过按键可以进行正常扫描,重复扫描,快速返回及停止等操作功能,改变电阻和用分频方式控制步进电机可得 0.05~50 nm/分 10 种扫描速度。

仪器设置一套起始位置预置系统,可为波长自动扫描提供一个可靠的波长基准,预置精度优于 0.01 nm。

3. 微机功能 本仪器所用的智能化步进电机驱动器及数据采集系统通过 IEEE-488 接口与计算机相接,根据预先选定的操作方式,在自编的 Basic 程序引导下自动进行单色仪波长扫描、光电讯号采集、数据处理及最终结果的打印显示、绘图等操作程序。

除以屏幕方式设置扫描速度、预置采样速率、给定测试精度外,尚有 10 余种子程序,例如:自动寻找光谱峰值波长、光谱图曲线平滑、光谱卷积、谱图积分、面积修正等可供使用者选择。

4. 摄谱 在仪器正面右上方备有摄谱暗盒装置,机构简单、装卸方便,摄谱面积为 60×25 mm²。一次可摄 22 nm 的光谱范围,在入缝前插入阶梯形光阑,移动光阑位置,一张底片可摄谱 5 次。

(下转第 669 页)