

文章编号: 1002-1582(2001) 02-0120-03

线结构激光-机器视觉三角测量光路设计^{*}

阳道善, 陈吉红, 周会成

(华中科技大学 国家数控系统工程技术研究中心, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 给出了线结构激光-机器视觉三角测量的通用光路计算公式。公式考虑了激光入射角、CCD 面阵与光轴的各种变化情况, 对激光机器视觉测量系统的光路结构设计有一定的指导意义。

关 键 词: 三角测量; 线结构激光-机器视觉测量; 光路设计

中图分类号: O435; TN247 文献标识码: A

Optical design of triangulation-based 3D machine-vision system using line-laser

YANG Dao shan, CHEN Ji hong, ZHOU Hui cheng

(National Numerical Control System Engineering Center,

Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract The general optical formula of triangulation-based 3D machine-vision system using line structured laser is presented. The variant of laser line, CCD position and optical axis is considered.

Key words triangulation-based measurement; Line structured laser machine vision measurement; optical design

1 引 言

工业中广泛应用的接触式测量存在着固有的缺陷, 主要表现在: (1) 尽管测量时测头与被测物之间的接触压力很小, 但依然存在着一定的接触压力, 对于某些质地柔软的物品来说必然产生测量误差; (2) 由于测头半径无论如何不可能为零, 所以无法测量某些复杂表面的细微特征^[1, 2]。

随着科学技术的发展, 非接触光学测量已成为测量技术的发展方向。光学测量不仅可以解决接触测头与工件之间必然存在的接触压力所带来的各种弊端, 而且可以解决测头半径带来的问题^[3, 5, 6]。

本文将线结构激光-机器视觉三角测量为例, 给出三角测量的一般光学设计原理及其应用中存在的问题。

2 三角测量光路计算

光学测量采用的一个重要测量原理即三角法测量原理^[4, 7, 8, 9, 10]。线结构激光-机器视觉三角测量如图 1 所示。图 1(a) 是相对于激光面的剖面图, 依照该图根据几何光学可计算激光反射点的深度信息; 图 1(b) 是平行于激光面的示意图; 图 1(c) 是由 CCD 面阵传感

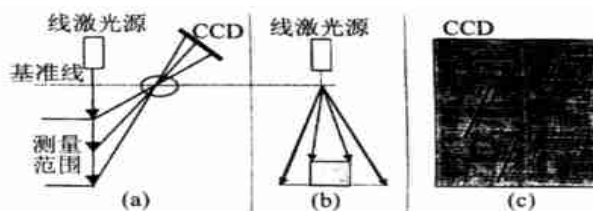


图 1 激光-机器视觉三角法测量原理

器获得的图像示意图。

图 2 是由任意放置的激光漫反射带及 CCD 相机所组成的几何光路示意图。

a_0 是激光面在光

轴上的物距, b_0 是其像距, 透镜中心为 O C。根据透镜成像原理, 可以得到

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a_0} + \frac{1}{b_0} \quad (1)$$

对激光面上的任一点来说, 设其入射角为 d , 其实像与 CCD 面阵相交于点 s , 则根据其光路图可计算出物距 (式 (2)) 和像距 (式 (3)):

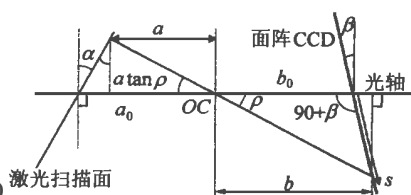


图 2 任意角度放置的激光漫反射带及 CCD 相机光路

* 收稿日期: 2000-08-09; 收到修改稿日期: 2000-09-14

作者简介: 阳道善 (1970-), 男, 湖北省洪湖市人, 华中科技大学博士, 博士后, 主要从事开放式数控系统、三维检测与三维数据云处理的研究。

对图 7来说, $T = -U$, 式 (13)可简化为

$$R = B \frac{b_0(\sin T - s)}{b_0 \cos T} \tag{16}$$

前面已提到, 比较常见的光路设计是采用如图 6 所示的设计方案, 这时, 可得到一个非线性的深度表达式 (15)。如果 CCD 面阵上的像点变动 Δs , 则实际的深度变化为 ΔR :

$$\Delta R = \Delta s \frac{-Bb_0}{(b_0 \cos T + s \sin T)^2} \tag{17}$$

当激光面扫描零件表面时, 如图 9 所示, 上述所有

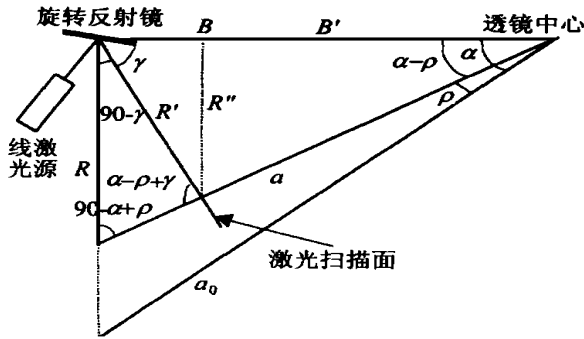


图 9 激光扫描面为任意角时的光路图

关于深度 R 的计算公式均只适用于 $\gamma = 90^\circ$ 时的情况。从图 9 可以得到

$$R' = \frac{R \cos(T - d)}{\sin(T - d + \gamma)} = \frac{R \cos(T - d)}{\sin(T - d) \cos \gamma + \cos(T - d) \sin \gamma} \tag{18}$$

$$\sin(T - d) = \frac{R}{a} \tag{19}$$

$$\cos(T - d) = \frac{B}{a} \tag{20}$$

由上述各式可以得到

$$R' = \frac{BR}{R \cos \gamma + B \sin \gamma} \tag{21}$$

从而有

$$R'' = \frac{BR \sin \gamma}{R \cos \gamma + B \sin \gamma} \tag{22}$$

如果知道光学系统的参数, 则根据 CCD 面阵上成像的激光中心线即可求出相应的深度值

3 结 论

本文给出的三角光学测量系统光路计算公式推导正确, 在光学测量中对光路结构设计具有重要的指导意义。

在实际的视觉系统中, 很难确定系统的所有参数, 一般并不用式 (17) 及式 (22) 来计算测量深度值。相反地, 利用一个称之为标定的过程记录下所有深度变化值 ΔR 及其相应像变化值 Δs 到一个查找索引表。根据 CCD 像阵中激光中心点的位置来检索查找索引表以得到实际的深度值。利用标定查找索引表的一个最大好处是可以自动地对镜头及 CCD 面阵所带来的各种畸变进行补偿。

参考文献:

[1] 王平江. 曲面测量、建模及数控加工集成研究 [D]. 武汉: 华中理工大学博士学位论文, 1996.
[2] 王平江. 3M 集成技术的研究与实践 [D]. 武汉: 华中理工大学博士后研究报告, 1999.
[3] 阳道善. 激光 机器视觉三维检测系统研究 [D]. 武汉: 华中理工大学博士学位论文, 1999.
[4] 贾波, 苏显渝, 郭履容. 采用激光光刀的叶片三维面形测量方法 [J]. 中国激光, 1992, 19(4): 271-275.
[5] Jhong Chen, Huicheng Zhou, Daoshan Yang, Shawn Buckley. Research on a geometric model-based 3D inspection machine [J]. Proc SPIE, 1997, 2909: 215-222.
[6] Huicheng Zhou, Jihong Chen, Daoshan Yang, Shawn Buckley. Datacloud fusion in three-dimensional laser comparator [J]. Measurement, 2000, 27: 93-99.
[7] Ji Z, Leu M C. Design of optical triangulation devices [J]. Optics & Laser Technology, 1989, 21(5): 335-339.
[8] Clark T A. The Use of Laser based Triangulation Techniques in Optical Inspection of Industrial Structures [J]. Proc SPIE, 1990, 1332: 50-56.
[9] Verbeek P W. Video-speed triangulation range imaging [J]. N A-T O ASI Series, 1990, F63: 181-186.
[10] Johansson M. Sheet-of-light Range Imaging [M]. Sweden: Linköping University, 1993.

(上接第 119 页)

6 结 论

在 R-C 系统中, 遮光罩是阻挡不经主镜和次镜由物空间直接进入系统的杂散辐射的主要措施。本文绘出的 R-C 系统遮光罩的优化设计方法可以和光学系统的设计同时进行, 这对于保证系统的成像质量, 提高系统信噪比, 获得系统最优结构是具有重要意义的。

参考文献:

[1] Rochelle Prescott. Cassegrain baffle design [J]. Applied Optics,

1968, (7): 479-481.
[2] 廖胜, 沈忙作. 卡塞格林光学系统的杂光抑制和遮光罩设计 [J]. 光电工程, 1997, 24(4): 31-36.
[3] 史光辉. 消除卡塞格林系统杂光的措施 [J]. 光学精密工程, 1997, 5(5): 10-16.
[4] Andrew T Young. Design of Cassegrain light shields [J]. Applied Optics, 1967, (6): 1063-1067.
[5] Paul K Davis. Baffle design for telescope with tilted secondary mirrors [J]. Proc SPIE, 1987, 766: 163-168.
[6] 袁旭沧. 光学设计 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1988. 337-342.
[7] 杨冰. 实用最优化方法及计算机程序 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工业学院出版社, 1994. 234-249.