×××测量系统的设计（二号）

张三1，张四2（四号）

（1.××大学 ××学院，广东 广州 510000；

2.××大学 ××学院，广东 广州 510000）（五号）

摘 要：**目的：**为了实现对工件的自动影像测量，建立了自动影像测量系统。对该系统所采用的图元识别、图元测量、基于自动聚焦原理的高度测量等算法进行研究。**方法：**首先，根据圆形和矩形图元的面积和真圆度等特征参数介绍了图元识别算法。接着，以直线和圆形图元为例分析了典型图元的测量算法，即在提取图元边缘点的基础上进行图元拟合。然后，在分析比较能量谱等聚焦评价方法的性能的基础上，说明了采用自动聚焦原理进行高度测量的算法。最后，介绍了系统比例尺的设定方法以及光栅尺读数的误差补偿方法。**结果：**实验结果表明：比例尺的标定精度为0.5μm；图元的测量精度在微米级；高度测量精度为0.035mm。**结论：**基本满足自动影像测量的稳定可靠、精度高、抗干扰能力强等要求。（小五号）***（蓝色文字目的、方法、结果、结论在正式写作时删除）***

关键词：计算机视觉；边缘检测；图元；曲线拟合；亚像素 （***摘要和结论要有数据，要按照本格式写目的：方法，结果，结论分开写***

中图分类号：X932；TP394.1 文献标识码：A

Design of measuring system

Yi-luo ZHANG, Qian-li YANG, Dan LI

1. *College of Engineering, A University., Guangzhou 510000, China；*

*2. College of Engineering, B University., Guangzhou 510000, China*）

**Abstract:Objetive:** In order to realize automatic image measurement for parts, an automatic image measurement system is established and its applied algorithms such as geometric figure recognition and measurement, height measurement based on autofocus and etc is investigated.**Method :**First, based on image feature parameters such as area, Circularity, perimeter and etc, the recognition algorithms for typical geometric Figures of rectangle and circle are presented. Measuring principles and algorithms of typical plane geometric figures are analyzed by taking the measurements of the line and circle geometric figures as an example. i.e., the figure fitting is adopted after the edge points of geometric figures are extracted. Then after the performance of several autofocus evaluating methods is compared, the algorithm of height measurement by visual automatic focusing is analyzed. Finally, the method of scale setting up of measurement and the correction of the error of raster reading are discussed as well. **Result**: Experimental results indicate that the precision of the system’s scale setting up is 0.5μm and the measuring precision of figures is within micron, and the precision of height measurement is 0.035mm.**Conclusion:**It can satisfy the system requirements of non-contact, online, real time, higher precision and rapid speed, as well as strong anti-jamming and stabilization.

**Key words:** Computer vision; Edge detection; Geometric figure; Curve fitting; Subpixel

1 引言（四号）

随着产品的微型化，加工订单的国际化，对产品测量和检测的要求越来越高。测量精度从0.01mm向0.001mm过渡,计量方式从抽检向全额检验过渡，测量项目从简单走向复杂、从单项走向多项综合。以往的检测手段难以满足现代工业检测的要求。影像检测技术是以现代光学为基础，融计算机图像图形学、计算机视觉、信息处理、光电子学和模式识别等科学为一体的现代检测技术，它把被测对象的图像当作检测和传递信息的手段，从中提取有用的信号来获得待检测的参数。因其具有非接触、适应能力强、快速高效、准确、柔性好、可靠性高等特点，在现代工业检测中受到了广泛重视。

近年，影像检测技术在国内外发展很快，已广泛应用于汽车、家电、机械制造、半导体及电子、化工、医药、航空、航天、轻工等行业来进行尺寸测量、航空遥感测量、精密复杂零件微尺寸测量和外观监测、光波干涉图、应力应变场状态图等和图像有关的领域**[1-6]**。本文将影像检测技术应用于工业产品的尺寸参数的自动测量之中建立了自动影像测量系统，并讨论了测量中的基本图元的测量、基于聚焦原理的高度测量、基于图元特征的图元识别、光栅尺的误差补正以及比例尺的设定等自动影像测量系统关键算法**[7]**。实验证明影像检测技术应用于工业产品的测量领域，在保证测量要求的同时，使系统具有非接触、适应能力强、快速高效、准确、柔性好、可靠性高、操作简便和成本低等特点**[8-11]**。

2 影像检测系统的构成及其工作原理

2.1 影像检测系统的硬件构成（五号）

图1为CNC影像检测系统原理图。 它主要由照明子系统、光学成像子系统、机械运动子系统、图像采集子系统以及计算机等组成。照明子系统由光源、光源控制器构成。光学成像子系统由变焦镜头等组成。图像采集子系统由CCD相机和图像采集卡等构成。机械运动子系统由XY工作台、立柱、Z轴运动部件、底座、支撑座和伺服运动系统（伺服电机、轴角编码器、运动控制卡）构成。进行测量时，由运动控制系统和光栅尺进行精确定位，由成像系统获取图像数据，由软件进行测量。**[12]**



图1 影像测量系统原理图

Fig.1 Block diagram of image measuring system

2.2 影像检测系统的工作原理

该系统的基本工作原理为：影像测量就是通过面阵CCD相机获取被测物体的图像，然后对图像进行预处理，通过测量软件在图像中对被测工件进行测量。但影像一般只能进行2D测量，若采用如(Visual Automatic Focusing，VAF)视觉自动聚焦等技术能够进行2.5D测量。VAF技术就是采用自动聚焦判别函数对高度不在同一平面上的两点进行精确聚焦，然后通过计算得到两点间的距离。图1中的机械运动子系统是用来移动XY工作台和光学成像系统,可以在软件的控制下进行CNC自动测量。

由图2可知，通过图像传感器（CCD）获取被测物体图像的模拟信号，经过图像采集卡进行A /D转换，转换成数字信号、输入到计算机，然后由影像测量软件对图像中需要测量的几何图元进行测量，从而实现对被测物体的非接触测量。图像测量软件需要实现的功能包括获取图像 对图像进行预处理(包括：滤波除噪、图像增强)、图像边缘粗定位、边缘精确定位（根据检测精度进行亚象素定位等）、特征点的定位、图元拟合、对要测量的具体图元进行计算。如直线的长度、两条直线间的夹角、圆的直径、面积，矩形的面积等。

3 影像测量系统软件的关键算法

3.1 图像的预处理

在图像产生、传输和变换的过程中，由于各种因素的影响，往往会使图像与被测物体或原始图像之间产生差异**[13-19]**。这给从图像中提取各种信息造成了困难和不便。因此，在对图像测量之前要进行各种预处理，以降低噪声的干扰。常见的图像噪声包括光学成像及采样过程中常会出现的混叠噪声、插入噪声、抖动噪声、电子噪声等。而边缘的检测和提取往往对噪声比较敏感，因此需要在检测前对图像进行滤波降噪处理。

滤波器分为线性滤波器和非线性滤波器两大类。线性滤波器对高斯噪声有较好的平滑作用，但其它噪声的抑制效果较差，而且会模糊边缘。非线性滤波器中的中值滤波器在过滤噪声的同时，还能很好的保护边缘轮廓信息。它对消除孤立点和线段的干扰十分有用，特别是对于二进制噪声尤为有效。这一点特别符合几何测量对边缘精密定位的需求，所以系统中采用了中值滤波器对图像进行滤波降噪。

由于要测量物体轮廓边缘的几何信息，所以图像边缘信息提取的好坏就显得尤为关键。一般物体和背景具有较大的对比度，反映在图像上就是物体和背景的灰度差别较大，图像直方图将呈现较为明显的双峰型。因此系统采用阈值法即可较好的实现

图像分割。

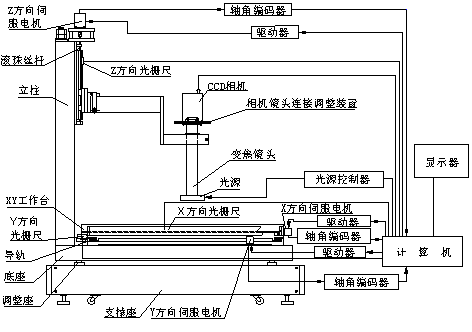


图2 影像测量系统结构示意图

Fig.2 Framework of image measuring system

3.2 典型图元的识别算法

在对被测图元进行测量之前，首先必须判断该图元的类型，然后采用相应的测量算法进行测量**[20]**。在手动测量时，是人工判断图元后，再采用相应的算法进行测量，但在自动测量时，必须由软件对被测图元首先进行判断然后再进行测量。，本文介绍一种基于图像特征的图元自动识别算法。所谓图像的特征，就是指图像中包括具有某种特征的图元。本文就以周长、面积和真圆度这几个特征参数来说明圆形图元和矩形图元的自动识别算法。在图像中图元的面积就是图元中包含的像素数；周长是指轮廓线上像素间的距离之和。像素间距离有两种情况：并列和倾斜方向。并列可以是上、下、左、右是四个方向这时并列像素间的距离是1个像素。倾斜方向连接的像素也有左上角、左下角、右上角、右下角四个方向这时倾斜像素间的距离为像素。真圆度是在面积和周长的基础上，计算图元的形状复杂程度的特征量。它定义为：

， (1)

**a、圆形图元的几个特征参数**

圆的面积为：；圆的周长为：。其中为圆的半径。圆形图元的真圆度为：

， (2)

**b、矩形图元的几个特征参数**

设矩形图元的相邻的两个边长分别为和，则矩形图元的周长为：；面积为：。矩形图元的真圆度为：

， (3)

形状越接近圆，其真圆度就越接近1。通过计算周长、面积和真圆度就可以将圆形图元和矩形识别出来。当然只用周长、面积和真圆度有时很难将形状复杂的图元识别出来，因此除了上面的特征参数以外，还要用到长度、宽度、欧拉数以及查看物体长度方向的区域矩等许多特征参数来一起进行图元的识别。

比例尺的大小决定了系统的分辩能力，因此在条件许可的前提下，提高图像的分辨率使物体的像素跨度尽量大，从而使比例尺减小，以提高测量精度。在软件中通过将计算得到的比例尺保存起来，在放大倍率等不变的条件下，可以重复使用该比例尺进行测量。但当放大倍率改变时，要重新设定比例尺。

表1 系统比例尺的标定结果

Tab.1 Result of system scale calibration

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 物 长  D0(mm) | 像 长  Dp(pixel) | 物/像 | 比例尺  (平均值) | 3σ |
| 1 | 0.800 | 29 | 0.02759 | 0.02766 | 0.0005 |
| 2 | 1.000 | 36 | 0.02778 |
| 3 | 1.200 | 43 | 0.02791 |
| 4 | 2.000 | 73 | 0.02740 |
| 5 | 3.000 | 109 | 0.02752 |
| 6 | 4.000 | 145 | 0.02759 |
| 7 | 10.000 | 361 | 0.02770 |
| 8 | 20.000 | 719 | 0.02782 |

5 结论

本文根据现代工业检测精度高、速度快的要求，提出了非接触影像测量的方法，并介绍了自动影像测量系统的结构和工作原理。然后研究了影像测量中的典型图元的识别和测量算法以及基于自动聚焦原理的高度测量算法。最后，给出了影像测量中超出视野范围大尺寸测量时光栅尺的误差补正方法以及比例尺的设定方法。实验结果证明：图元的测量精度在微米级；高度测量精度为0.035 mm；系统比例尺的标定精度为0.5 μm。基本满足了自动影像测量的要求。

参考文献：（五号）

1. 邹定海,叶声华,王春和.用于在线测量的视觉检测系统[J].仪器仪表学报,1995，16(4): 337-340.（小五）

ZOU D H, YE SH H, WANG CH H. A visual inspection system for on-line measurement [J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 1995, 16(4): 337-340 . (in Chinese)

1. 周 亘.微机在工件不圆度自动测量中的应用[J].基础自动,2001,8(6): 50-53.

ZHOU G. The application of computer in automatic measure of the non-round degree of the parts [J]. *Basic Automation*, 2001,8(6): 50-53 . (in Chinese)

1. 郭强生，靳卫国，周庆亚. 集成电路粘片机视觉检测技术研究[J].电子工业专用设备，2005，34（7）：34-40.

GUO Q SH, JIN W G, ZHOU Q Y. Vision inspection technology of IC die bonder [J]. *Equipment for Electronic Products manufacturing*, 2005，34（7）：34-40 .(in Chinese)

1. WEI ZH ZH, ZHANG G J, LI X. The application of machine vision in inspecting position-control accuracy of motor control systems **[C].** ***Proceedings of the Fifth International Conference on Electrical Machines and Systems*, Shenyang, P.R. China: ICEMS, 2001：1031-1038.**
2. SCAMAN M E, ECONOMIKOS L. **Computer vision for automatic inspection of complex metal patterns on multichip modules (MCM-D)[J].** *IEEE*, 1995,18(4): 675 – 684.
3. YING Y B, WANG J P, JIANG H Y. Inspecting diameter and defect area of fruit with machine vision [J]. *Transactions of the CSAE*, 2002, 18(5): 216-220.
4. 姜志国,韩冬兵,袁天云,等. 基于全自动控制显微镜的自动聚焦算法研究[J].中国图像图形学报，2004，9(4): 396-401.

JIANG Z G, HAN D B, YUAN T Y, *et al*.. Study on Auto Focusing Algorithm for Automatic Microscope [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2004,9(4): 396-401 .(in Chinese)

1. **YANG C C, MAREFAT M M, CIARALLO F W.** Error analysis and planning accuracy for dimensional measurement in active vision inspection [J]. ***IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 1998, 14(3): 476-487.**
2. 吴晓波，安问斗，杨钢.图像测量系统中的误差分析即提高测量精度的途径[J]. 光学精密工程，1997，5（1）：133-141.

WU X B, AN W D, YANG G. Error analysing and approaches of improving measuring precision in image measuring system [J]. *Opt. Precision Eng.*, 1997, 5(1): 133-141. (in Chinese)

[10] YAN F, WANG X. Using real-time embedded system with multiple DSPs in corona detection [J]. *SPIE* ，2006，6027：928-933.

[11] SCHREIBER P, DANG. T .Solar blind UV region and UV detector development objectives[J]. *SPIE,*1999,3629:230-248.

[12] BOSCH L A. *Delft electronics products B V. Dynamic uses of image intensifiers*[M]. Washington: SPIE Press,1995.

[13] 萧钰.出版业信息化迈入快车道[EB/OL].(2001-12-19) [2004-04-15]http://www.creader.com/news/200112190019.html.

XIAO Y.Publishing Industry Informatization into Fast Lane[EB/OL].(2001-12-19) [2004-04-15]http://www.creader.com/news/200112190019.html. (in Chinese)

[14] WEI ZH ZH, ZHANG G J, LI X. The application of machine vision in inspecting position-control accuracy of motor control systems  **[C].Proceedings of the Fifth International Conference on Electrical Machines and Systems, *Shenyang, P.R. China*: *ICEMS*, 2001：121-135** .

[15] 白雪飞，黄 杰，王 安，等. 3903A型CNC齿轮测量中心[J]. 工具技术,2005，39(2)：78-79.

BAI X F, HUANG J, WANG A, *et al..* 3903A CNC gear measuring center[J]. *Tool Technology*, 2005, 39(2): 78-79. (in Chinese)

[16] POLLEHN H K. Performance and reliability of third-generation image intensifiers[J]. *Advances in Electronics and Electron Physics*,1985,64:61-69.

[17] 韦亚一，陶兆民. MCP噪声因子的理论分析[J]. 电子科学学刊,1993, 15(6):34-38.

WEI Y Y, TAO ZH M. Theoretiacal analysis of MCP noise factor [J]. *Journal of Electronics*, 1993,15(6):34-38.(in Chinese)

[18] MORAN S E,ULICH B L,ELKINS W P. Intensified CCD (ICCD) dynamic range and noise performance[J]. *SPIE*,3137: 430-457.

[19] 张国雄. 三坐标测量机[M]. 天津：天津大学出版社，1999.

ZHANG G X.. *Coordinate Measuring Machine*[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1999. (in Chinese)

[20] 李 杰. APS星敏感器关键技术的研究[D].北京：中国科学院，2005.

LI J.*Study the key technology of APS star tracher* [D].Beijing：Graduate University of the Chinese Academy of Sciences,2005.(in Chinese)

**请作者注意：**

**文献类型标志代码的使用：**

**[J] 杂志 [M] 图书 [D] 学位论文 [P] 专利 [R] 报告 [S] 标注 [C] 会议录**

**[N] 报纸 [G] 汇编 [DB] 数据库 [CP] 计算机程序 [EB] 电子公告**

**电子文献载体和标识代码：**

**MT 磁带 DK 磁盘 CD 光盘 OL 联机网络**

**作者简介:** 张三(1972-)，男，湖南常德人，博士后，助理研究员，[2004年](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=1963%E5%B9%B4&variant=zh-cn)于[中南大学](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%93%88%E5%B0%94%E6%BB%A8%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E5%A4%A7%E5%AD%A6&variant=zh-cn)获得硕士学位,2007[年](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=1963%E5%B9%B4&variant=zh-cn)于[华南理工大学](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%93%88%E5%B0%94%E6%BB%A8%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E5%A4%A7%E5%AD%A6&variant=zh-cn)获得博士学位，现为华南理工大学自动化科学与工程学院博士后，主要从事机器视觉及自动控制方面的研究。E-mail: [name@au.edu.cn](mailto:zwjllhtt@scut.edu.cn)（通信作者：李某）（小五）



张四(1972-)，男，[广西柳州](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%B1%9F%E8%8B%8F&variant=zh-cn)人，工程师，[2003年](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=1963%E5%B9%B4&variant=zh-cn)于[华南理工大学](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%93%88%E5%B0%94%E6%BB%A8%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E5%A4%A7%E5%AD%A6&variant=zh-cn)获得学士学位,2006[年](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=1963%E5%B9%B4&variant=zh-cn)于[华南理工大学](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%93%88%E5%B0%94%E6%BB%A8%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E5%A4%A7%E5%AD%A6&variant=zh-cn)获得硕士学位，现为中导光电设备有限公司算法部经理，主要从事半导体AOI设备的算法研究。E-mail: [name@au.edu.cn](mailto:name@au.edu.cn)

