

基于多 CCD 规则零件二维尺寸的测量

吴庆华^{1,2}, 何涛^{1,2}, 钟飞^{1,2}

(1. 湖北工业大学 机械工程学院, 湖北 武汉 430068; 2. 现代制造质量工程湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430068)

摘要: 讨论了一种基于多 CCD 的规则零件二维尺寸在线测量模型及关键技术, 介绍了一种基于 2-CCD 的薄片方形零件在线测量系统。实验表明, 该系统测量精度高, 速度快, 可作为测量系统模型广泛应用于包装线的纸板在线宽度测量等各种大型零件精密测量中。

关键词: 多 CCD; 机器视觉; 二维尺寸测量

中图分类号: TN911.73; TB486+.03

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2011)02-0017-03

2D Part Size Measurement based on Multi-CCD

Wu Qinghua^{1,2}, He Tao^{1,2}, Zhong Fei^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China;
2. Hubei Key Lab of Manufacture Quality Engineering, Wuhan 430068, China)

Abstract: A regular part 2D measurement model based on multi-CCD is built. This measurement can be used for regular shape part such as rectangle, circle, ring and so on. The key technology of this model is discussed. And based on this model, a thin part online 2D measurement system based on double CCD is introduced. An experiment is designed and the result shows that the measurement system based on double CCD can reach high precision and fast speed. The model can be used to measure the width of cardboard on assembling line, and other kinds of big part size measurement.

Key words: Multi-CCD; machine vision; 2D size measurement

0 引言

工业生产中, 零件尺寸的测量大多是离线式的, 或者是进行部分抽检。由于人们对包装产品质量的要求越来越高, 对零件尺寸的测量趋向于 100% 检验, 这就对检验效率和手段提出了更高的要求。视觉检测技术是精密测试技术领域内最具有发展潜力的新技术, 它综合运用了电子学、光电探测、图像处理 and 计算机技术^[1-2]。将机器视觉引入工业检测中, 实现对物体(产品或零件)尺寸或相对位置的快速测量, 具有非接

触、速度快、柔性好等突出优点, 在军事、工业、商业、医学等领域得到了广泛关注和应用^[1-3]。传统的视觉测量技术关注于单 CCD 获取图像, 在一副图像中进行分析测量, 在保证精度的情况下, 对被测对象的大小严格要求, 这一点往往不能满足较大尺寸零部件的生产与装配尺寸的在线检验^[4]。为解决这一问题, 本文提出了一种可用于纸板包装生产线的基于多 CCD 的规则零件二维尺寸在线精密测量模型, 并在此模型的基础上设计了一套基于多 CCD 的方型玻璃板的外观尺寸测量系统。

收稿日期: 2011-03-14

基金项目: 湖北省教育厅基金资助项目(Q20091404), 湖北省自然科学基金资助项目(2008CBD293)

作者简介: 吴庆华(1978-), 男, 湖北天门人, 湖北工业大学讲师, 工学硕士, 主要从事机器视觉与测控技术方面的教学与研究,

E-mail: wxr2289567@163.com

1 测量模型

多 CCD 规则零件尺寸测量的框架结构如图 1 中的 a) 图所示, 该基本框架由 2 个 CCD 和待测对象 (零件) 组成。CCD1 和 CCD2 分别置于待测零件尺寸需要测量部位的上方。图 1 中的 b) 图所示为测量系统的世界坐标系 XOY , 坐标原点是测量平台的原点, O_1 点是传感器 CCD1 中心在测量平台 XOY 中的位置坐标; O_2 点是传感器 CCD2 的中心在测量平台 XOY 中的位置坐标。CCD1 和 CCD2 获取的待测零件部位轮廓图像如图 2 所示。图 2 中的线 L_1 和 L_2 分别是零件轮廓在图像中的拟合曲线, 对于规则零件, 一般近似为直线或圆弧。

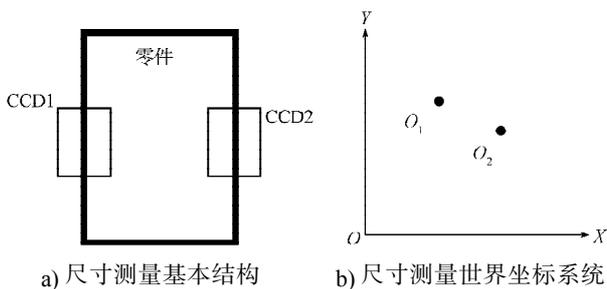


图 1 尺寸测量系统的组成与坐标系统

Fig. 1 Composition of size measurement system and coordinate system

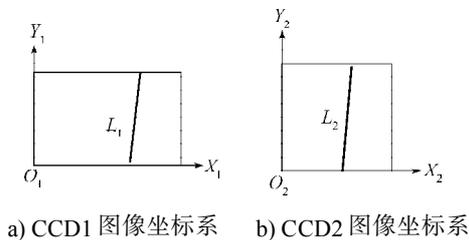


图 2 图像坐标系

Fig. 2 Image coordinate system

设 CCD1 与 CCD2 在 XOY 中的位置关系为:

$$f(O_1, O_2) = 0, \quad (1)$$

CCD1 的图像坐标系为 $X_1O_1Y_1$, 假设零件外形轮廓为方形, 则零件的边缘轮廓可拟合为直线, 设其方程为:

$$L_1(X_1, Y_1) = 0, \quad (2)$$

同样, CCD2 的图像坐标系为 $X_2O_2Y_2$, 零件的边缘轮廓拟合直线方程为:

$$L_2(X_2, Y_2) = 0. \quad (3)$$

分别对 CCD1 和 CCD2 进行标定, 将图像坐标转换成以各自传感器中心为原点的坐标系, 然后将式 (2) 和式 (3) 带入式 (1), 即可求解出 L_1 与 L_2 在 XOY 坐标系中的位置关系, 从而实现尺寸的测量。式 (1) ~ (3) 即为多 CCD 规则零件二维尺寸测量的基本模型。

2 测量系统的关键技术

多 CCD 规则零件二维尺寸测量系统构建的关键技术主要有 CCD 数据关联、数字图像处理技术和精密运动控制 3 个方面。

1) 多 CCD 数据关联

在多 CCD 规则零件二维尺寸测量系统中, 最关键的技术是各个 CCD 之间的数据融合。由于图像处理都是在各自的 CCD 获取的数据基础之上进行的, 亦即各自拥有单独的图像坐标系统, 处理结果当然也仅表示相对于各自图像原点的数值意义。如何将各个图像的处理结果统一融合起来, 是多 CCD 测量系统的核心问题。通常是通过对 CCD 视觉系统进行标定, 找出图像的中心点与 CCD 的物理中心点的对应关系。待求解出图像中的特征点或线相对于图像中心的位置关系后, 就可以得到其世界坐标系下的物理位置关系。

2) 数字图像处理技术

如何获取图像中的轮廓相对于图像中心点的位置关系即转化为图像处理技术。对于规则零件, 常规的处理方法包括轮廓的边缘提取, 为了减少外部环境光源和局部像素的微小变化带来的影响, 在提取零件边缘位置后常需先进行边缘拟合, 如直线拟合或者椭圆拟合, 拟合后再进行计算^[3,5]。只有这样, 计算得到的数值才具有较强的稳定性。

3) 精密运动控制

为了获取较高的测量精度, 视觉系统中的视场范围应选择得比较小。因此, 在实际测量过程中, 只是对很小的局部范围进行测量, 并不能代表零件整个尺寸范围的实际数据。对于大尺寸零部件的测量, 常还需借助精密的运动平台, 实现多点位的测量, 最后再对各个点位的尺寸进行误差分析和处理。由于采用多点位测量, 在多次重复测量过程中就很难实现每次测量的是同一位置, 这将影响视觉测量系统的重复性, 所以必须引进精密运动控制技术。视觉测量系统中的精密运动控制主要包括精密的直线运动和圆周运动, 即线位移和角度的控制。实际测量中常借助光栅尺来进行运动补偿, 从而保证测量的重复性。

3 测量系统设计与实验分析

基于上述的多 CCD 测量系统模型和讨论的一些关键技术, 笔者设计了一套基于 2-CCD 的薄片方型玻璃测量系统^[1], 其测量的结构框图如图 3 所示。在长度方向上对称布置了 2 个 CCD, 测量平台上放置 1 块透明玻璃薄板作为测量对象, 薄板的长度约 55 mm, 要

求在长度方向测量3个点位, 测量的重复精度控制在 ± 0.01 mm 范围内。

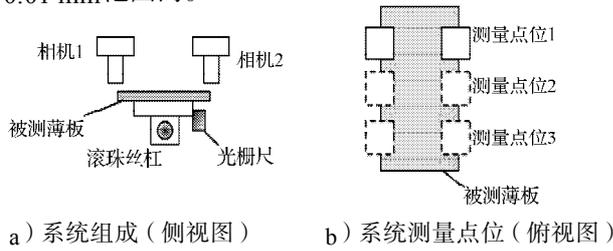


图3 2-CCD薄板测量系统
Fig. 3 Double CCD plate

图4所示为笔者所设计的基于2-CCD薄板长度测量实验装置。对图3b)中3个不同点位经反复测量10次, 所测得的数据如表1所示。从表1中的数据可以

看出, 点位1测量数据的变化范围的大小为0.018 mm; 点位2测量数据的变化范围大小为0.013 mm; 点位3测量数据的变化范围大小为0.017 mm。在3个点位测量数据的标准偏差分别为0.005 314, 0.004 427, 0.004 696 mm, 故系统的测量结果没有超出0.02 mm的范围, 表明该测量装置满足设计要求。

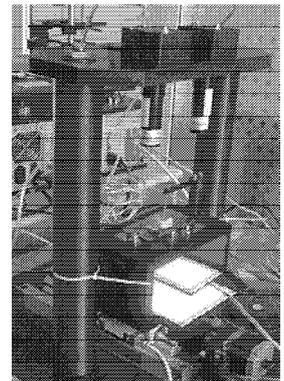


图4 实验装置
Fig. 4 Experimental device

表1 实验数据

点位	测量次数										平均值	变化范围大小	标准偏差
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	55.802	55.803	55.787	55.805	55.802	55.803	55.805	55.797	55.802	55.801	55.800 7	0.018	0.005 314
2	55.798	55.799	55.801	55.789	55.790	55.798	55.798	55.801	55.802	55.798	55.797 4	0.013	0.004 427
3	55.801	55.802	55.797	55.799	55.798	55.803	55.788	55.805	55.800	55.802	55.799 5	0.017	0.004 696

4 结语

在建立多CCD规则零件尺寸测量系统模型的基础上, 讨论了测量系统实现的关键技术, 并搭建了一个基于2-CCD的薄板长度精密测量系统。测量所得数据表明, 该系统的测量精度基本达到了设计要求。所设计测量模型可广泛用于大幅面的宽度测量, 如包装线的纸板在线宽度测量、钢板宽度监测等。但由于模型采用了多CCD测量, 对系统标定提出了更高的要求。如各个CCD的畸变校正(特别是在线测量时), 系统的标定变得比较复杂。

参考文献:

[1] 黄俊敏, 吴庆华, 周金山, 等. 基于机器视觉的二维高精度手机玻璃屏尺寸测量仪[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(9): 1863-1865.
Huang Junmin, Wu Qinghua, Zhou Jinshan, et al. Two-Dimensional High-Precision Size Measurement Instrument for Phone Glass Based on Machine Vision[J]. Computer Measurement & Control, 2009, 17(9): 1863-1865.

[2] Lee Jeong-Ho, Kim You-Sik. Real-Time Application of

Critical Dimension Measurement of TFT-LCD Pattern Using A Newly Proposed 2D Image Processing Algorithm[J]. Optics and Lasers in Engineering, 2008, 46: 558-569.

[3] 孙晋豪, 杨燕翔. 基于机器视觉的零部件尺寸测量[J]. 工业控制计算机, 2007, 20(7): 3-4, 6.
Sun Jinhao, Yang Yanxiang. Size Measurement of Parts Based on Machine Vision[J]. Industrial Control Computer, 2007, 20(7): 3-4, 6.

[4] 姚江伟, 张国雄, 裘祖荣, 等. 基于公共光学基准的大尺寸空间角度测量关键技术[J]. 中国机械工程, 2010, 21(12): 1473-1476.
Yao Jiangwei, Zhang Guoxiong, Qiu Zurong, et al. Key Techniques of Large-Scale Space Angle Measurement Based on Common Optical Reference[J]. Chinese Mechanical Engineering, 2010, 21(12): 1473-1476.

[5] 卞晓东, 张为公, 郭占军. 利用视觉伺服技术进行车辆尺寸测量的方法[J]. 汽车工程, 2004, 26(3): 341-344.
Bian Xiaodong, Zhang Weigong, Guo Zhanjun. Vehicle Dimensions Measurement Based on Vision Servoing Technology[J]. Automotive Engineering, 2004, 26(3): 341-344.

(责任编辑: 廖友媛)