

影像测量仪自动定位方法研究

段宇秀 杜文华

(中北大学 机械工程学院 太原 030051)

摘 要: 影像测量仪在工业测量等领域中,尤其是精密平面类零件的高精度测量方面具有广泛的应用。当测量满台零件时,传统影像测量仪需人工手动控制平台移动达到测量位置,导致测量时间延长、效率低。以通用的影像测量仪为实验平台,采用双目视觉系统进行测量,通过大视野相机将特征物从平台任意位置移动到大视野相机视野范围内,并利用小视野进行位置矫正,以达到精确定位。实验结果表明,该方法能有效地将大视野范围内任一特征点精确移动到大视野图像中心。最后,提出一种影像测量仪薄板类零件自动定位方法,实验证明该方法能有效降低测量时长,特征点粗定位误差在 $\pm 0.05\text{ mm}$ 以内。

关键词: 影像测量仪;自动定位;标定;误差分析

中图分类号: TH741;TP391;TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 420.40

Research on automatic positioning method of image measuring instrument

Duan Yuxiu Du Wenhua

(School of Mechanical Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Image measuring instrument has been widely used in the field of industrial measurement, especially in the measurement of precision planar parts. When measuring a full set of parts, the traditional image measuring instrument needs to manually control the platform movement to reach the measuring position, which leads to prolonged measurement time and low efficiency. In this paper, a universal image measurement instrument is used as the experimental platform. The feature is moved from any position of the platform to a small field of vision through a large field of vision in the way of continuous use of the camera of large and small field of vision, which is corrected by using the small field of vision to achieve precise positioning and optimize the measurement time. The experimental results show that this method can effectively move any feature point within the range of large field of vision to the center of small field of image. Finally, an automatic positioning method for thin sheet parts of the image measuring instrument is proposed. The experiment proves that this method can effectively reduce the measurement time and the movement error of feature points is within 0.05 mm .

Keywords: image measuring instrument; automatic positioning; calibration; the error analysis

0 引 言

影像测量仪是一种由高清晰 CCD 相机、二维图像处理软件等组成的高精度、高效率光电测量仪器,将被测对象的图像当作检测和传递信号的测量方法,其目的是从图像中提取有用的信号,基于图像分析、识别来进行测量。在精密电子、五金塑胶、钟表手机配件、医药工业、汽车配件、航空航天等领域具有广泛的应用空间^[1],主要用于二维尺寸、角度及位置的精确测量,还具有 CAD 图形导出、报表输出、批量检测等功能。由于其非接触性、实时性强、灵活性高、测量精确、节约人力成本等优点,在工业测量中得到不断地推

广和应用^[2-3]。

2017 年高如新等^[4]提出了基于 ORB 算法的双目视觉定位,该方法采用 Brief 描述子并加入了旋转矩阵,使算法具备了旋转不变性以及有着很大的效率提升,通过摄像机标定、特征点提取、特征点匹配来实现对特征的自动定位。2018 年高飞等^[5]提出了基于空间平面约束的视觉定位模型研究,该方法通过双目视觉标定得到相机内外参数,然后使用平面标定方法计算出空间约束平面方程,再根据空间平面方程给出了目标平行平面上任意点的空间坐标计算方法,进而测算运动目标位姿,实现对特征的定位。

针对国内影像测量仪采用小视野测量导致的耗时长、

效率低等问题,本文采用双目视觉系统实现对薄板类零件的半/全自动测量,通过大视野相机进行特征点采集及定位,小视野相机进行精确测量,并提出了一种影像测量仪自动定位方法,实现对薄板类零件的精确自动定位。

1 双目视觉系统标定

为实现将零件从平台任一位置移动到影像测量仪小视野中心,需对大小视野相机相对位置也即大小视野相机光轴相对位置进行标定。无论图像是否存在径向畸变,相机光轴通过图像中心,因此,大小视野相机位置标定近似为大小视野图像中心位置标定。标定方法如图 1 所示。

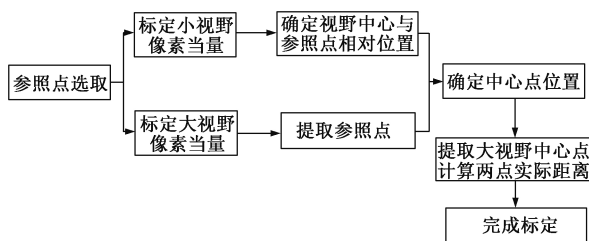


图 1 大小视野相机相对位置标定

1.1 大视野相机选型及安装

根据实验要求,大视野相机采用维视,安装位置如图 2 所示。

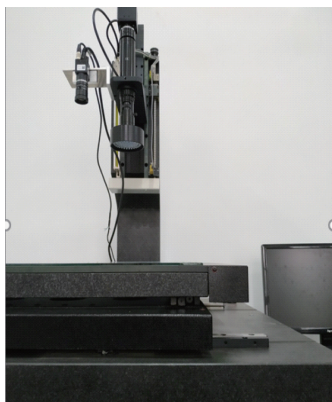


图 2 影响测量仪

1.2 大小视野相机像素当量标定

实验采用 HT3040 型影像测量仪,其自带的小视野相机标定由商家完成,小视野像素当量为 0.005 7 mm,大视野相机采用维视 MV-EM510 M 型号相机,镜头采用 Computer 8 mm 焦距配套镜头^[6]。采用圆心距为 6 mm 的标定板测量大视野像素当量^[7-8],通过 Halcon 图像处理软件计算所得两圆圆心距像素值为 b ,两圆圆心距实际距离为 a ,则所得像素当量 $c = \frac{a}{b}$ 。

1.3 大小视野相机相对位置计算

大小视野相机相对位置标定实际上为大小视野图像中

心相对位置确定。本文以标定板中直径为 3 mm 的圆点为特征,通过调节 Z 轴位置,利用大小视野相机对圆点特征进行成像,效果如图 3 所示,大视野中选取 3(a)图上端第一个圆为特征,圆心为特征点,3(b)图为小视野中上端第一点位置,并通过红点对圆心和图像中心进行标记。设小视野图像中心点为 $S_{CenterImage}(S_{Width}/2, S_{Height}/2)$,特征点为 $S_{CenterCle}(S_{Col}, S_{Row})$,大视野中图像中心点为 $D_{CenterImage}(D_{Width}/2, D_{Height}/2)$,相应特征点为 $D_{CenterCle}(D_{Col}, D_{Row})$,则小视野图像中,图像中心距特征点的实际距离为:

$$\begin{cases} RealDistanceX = \left(\frac{S_{Width}}{2} - S_{Col} \right) \times 0.0057 \\ RealDistanceY = \left(\frac{S_{Height}}{2} - S_{Row} \right) \times 0.0057 \end{cases} \quad (1)$$

已知大视野像素当量为 c ,则对应像素距离为:

$$\begin{cases} PixDisWidth = RealDistanceX / c \\ PixDisHeight = RealDistanceY / c \end{cases} \quad (2)$$

故,大视野中小视野图像中心位置为:

$$\begin{cases} D_{CtrImgWidth} = D_{Col} + PixDisWidth \\ D_{CtrImgHeight} = D_{Row} + PixDisHeight \end{cases} \quad (3)$$

由此可得大小视野相机实际相对位置为:

$$\begin{cases} X = (D_{Width}/2 - D_{CtrImgWidth}) \times c \\ Y = (D_{Height}/2 - D_{CtrImgHeight}) \times c \end{cases} \quad (4)$$

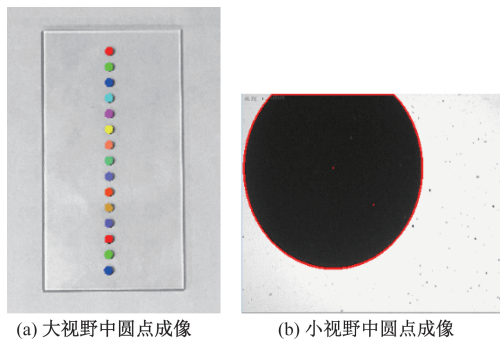


图 3 相对位置计算

2 自动定位

2.1 大视野粗定位

定位方法如图 4 所示,大视野相机进行图像采集所得图像如图 5(a)所示,通过图像预处理得到如图 5(b)所示图像,提取特征点的图像坐标为 $P(Row, Column)$,由 1.3 节可知,大视野图像中心坐标为 $D_{CenterImage}(D_{Width}/2, D_{Height}/2)$,故将特征点移动到大视野视野中心的移动距离为:

$$\begin{cases} u = (Column - D_{Width}/2) \times c \\ v = (Row - D_{Height}/2) \times c \end{cases} \quad (5)$$

式中: c 为标定所得的大视野相机像素当量。特征点从大视野视野中心移动到大视野中心的移动距离为 X, Y ,因

此,将平台上任一特征点移动至小视野中心的距离为:

$$\begin{cases} \text{Pre}X = u + X \\ \text{Pre}Y = v + Y \end{cases} \quad (6)$$

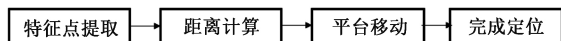
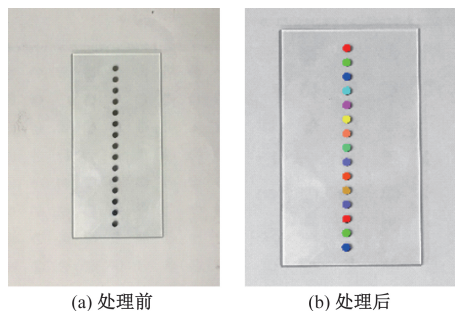


图4 影像测量仪自动定位方法



(a) 处理前

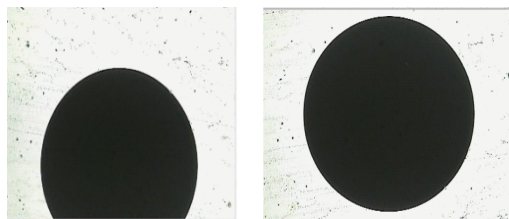
(b) 处理后

图5 特征点提取

2.2 小视野精确定位

由于大视野相机自身的限制,如径向畸变、相机安装光轴垂直度等因素的影响,将特征点从平台任意位置处移动至小视野中心往往存在一定的偏差,因此,本文在利用大视野进行粗定位的基础上,结合小视野相机高精度的特点,根据小视野图像对特征点进行二次定位即精确定位。小视野定位方法同大视野定位方法,定位效果如图6所示,其中,图6(a)因大视野相机精度的问题,偏离小视野图像中心一

定位置,图6(b)为利用小视野相机精确定位之后的位置,从图像可以直观看到,定位精度有所提高^[9-12]。



(a) 粗定位

(b) 精确定位

图6 定位

3 误差分析

粗定位中,由于大视野镜头存在畸变、光轴不垂直等因素影响,通过大视野将特征点移动至小视野中心不可避免的存在一定误差。为实现精确定位,需保证将特征点移动至小视野范围内。因此,需对粗定位进行误差补偿,减小镜头畸变及像素当量标定带来的累计误差及大小视野相机标定误差的影响^[13-15]。图5(a)所示为实验验证所用的标定板,通过放置多处位置,对标定板中15个点依次计算移动后小视野中 x, y 方向误差。为评估大视野镜头畸变及标定像素当量带来的累计误差,本文以移动后圆心距大视野图像中心 x, y 方向的实际距离为自变量,移动后圆心距小视野图像中心 x, y 方向单位毫米偏差为因变量,进行误差标定,获得关于 RealDistance-Error 的关系图如图7所示。从图7(a)、(b)可看出, x, y 方向误差随距离单调增减,图7(c)可得, x, y 方向误差也成线性关系。

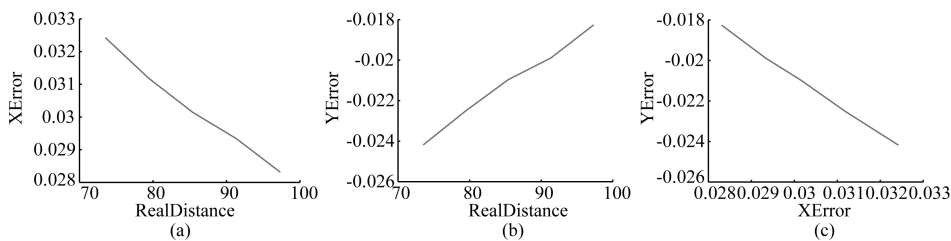


图7 误差关系

4 实验分析

由图7可知, x, y 方向误差与特征点距大视野图像中心实际距离成现行关系,因此设 x, y 方向单位距离误差函数为:

$$\begin{aligned} f(x) &= p_1 x + p_2 \\ f(y) &= p_3 y + p_4 \end{aligned} \quad (7)$$

通过 Matlab 曲线拟合工具箱对标定获取的数据进行拟合,最终得 $p_1 = -0.000\ 169\ 3$, $p_2 = 0.044\ 74$, $p_3 = 0.000\ 243\ 1$, $p_4 = -0.041\ 92$ 。

设 $w = \sqrt{u^2 + v^2}$, 则粗定位中,将平台上任意特征点移动至小视野视野中心的实际距离为:

$$\begin{aligned} \text{Pre}X &= u + X + (w \times p_1 + p_2) \times w \\ \text{Pre}Y &= v + Y + (w \times p_3 + p_4) \times w \end{aligned} \quad (8)$$

本文以测量平台上任意放置的标定板为实验对象,通过提取标定板特征圆的圆心进行移动,以验证本算法的有效性。误差校正前与误差校正后 x, y 方向以及平台总得移动误差如表1、2所示。从表1、2可看出,经过误差补偿之后,大视野相机视野范围内任一特征点的移动误差控制在 $\pm 0.05\text{ mm}$ 以内,验证了定位方法的有效性,从而确保小视野相机能够对特征进行精确定位并进行精确测量。特征点移动距离通过式(8)计算所得,可对计算机手动输入也可通过程序自动输入,从而实现影像测量仪的半/全自动测量。

表 1 误差矫正前移动误差 (mm)

实际距离	X 移动误差	Y 移动误差	总误差
73.523	2.384	−1.778	2.974 01
79.44	2.477	−1.788	3.054 91
85.385	2.574	−1.79	3.135 22
91.356	2.68	−1.817	3.237 88
97.312	2.755	−1.777	3.278 38

表 2 误差矫正后移动误差 (mm)

实际距离	X 移动误差	Y 移动误差	总误差
73.523	0.009 8	0.000 3	0.004 5
79.44	−0.008 7	−0.016 2	0.017 2
85.385	−0.011 8	0.017 0	0.020 7
91.356	0.005 7	0.008 0	0.011 8
97.312	0.004 5	−0.010 0	0.014 0

5 结 论

本文给出了一种影像测量仪自动定位方法,解决了单视野测量中需人工手动控制平台移动达到测量位置,导致测量时间延长、效率低等问题。通过分析特征点距大视野图像中心的距离与误差的关系,得到关于距离-误差的函数模型,并通过该模型对大视野移动误差进行补偿。通过重复性定位实验测得精确定位后,定位误差在±0.05 mm 以内,基本符合工业测量中自动定位的要求,从而验证了方法的有效性,满足了对影像测量仪零件测量的实时、快速的需求。

参考文献

[1] 谢华锬.影像测量仪的发展与点评[J].工具技术,2011,45(8):3-8.

[2] 邓小峰.基于机器视觉的零件识别和测量系统研究[D].南京:南京航空航天大学,2014.

[3] 郭小刚,杜文华,曾志强,等.影像测量仪背光源强度影

响及误差补偿技术研究[J].组合机床与自动化加工技术,2018,(3):128-130.

[4] 高如新,朱烜甫.基于 ORB 算法的双目视觉定位[J].电子测量技术,2017,40(4):142-145.

[5] 高飞,葛一粟,汪韬,等.基于空间平面约束的视觉定位模型研究[J].仪器仪表学报,2018,39(7):183-190.

[6] 李康平,李曼雪,郭建军.流光溢彩于数码之间——专业数码相机选型指南[J].中国计算机用户,1999,Z1:43-44,46-47.

[7] 陈曼龙,侯东明.影像测量仪快速标定方法[J].现代制造工程,2017,(8):126-130,140.

[8] 王卫文,周进,张伟丽,等.长距离外参数标定误差分析[J].光电工程,2015,42(11):13-17.

[9] 王晓飞,裘祖荣,杨聪,等.基于影像测量仪的试验筛自动测量方法[J].数据采集与处理,2013,28(2):257-260.

[10] 张俊勇,伍世虔,陈彬,等.基于双目视觉的零件多尺寸在线测量系统[J].仪表技术与传感器,2018,(10):75-80.

[11] 谷凤伟,高宏伟,姜月秋.一种简易的单目视觉位姿测量方法研究[J].光电技术应用,2018,33(4):64-70.

[12] 刘春朋,施宝西,季清华.基于工业视觉的精整工件智能检测与自动定位系统[J].机械设计,2018,S1:322-325.

[13] 王小章,陈志军,李剑锋.影像测量仪的测量误差研究[J].机床与液压,2009,37(11):117-119.

[14] 敖荟兰,马宏权,周江秀,等.影像测量仪误差分析及控制[J].印制电路信息,2018,26(4):25-30.

[15] 宋丹,刘金国,吴国栋.基于蒙特卡罗法的测绘相机标定误差分析[J].光电子技术,2008,28(3):177-179,183.

作者简介

段宇秀,硕士研究生,从事机器视觉研究工作。
E-mail:305638275@qq.com