19JC型数字式万能工具显微镜系统升级*[1]

高士臣，赵丽娜

（内蒙古包钢钢联股份有限公司计量中心，内蒙古 包头 014010）

摘 要：19JC数字式万能工具显微镜是在机械加工生产中使用范围广泛的一种二维坐标测量仪，但由于工具显微镜涉及光学及几何测量学，设备参数多、精度高，导致测量过程繁琐、工作效率低、偶然误差大。根据国内外先进工具显微镜自动测量系统，应用CCD摄像技术、数字图像处理技术和光栅检测技术，对现有19JC数字式万能工具显微镜进行系统改造升级并取得成功。

关键词：数字式万能工具显微镜；CCD；数字图像处理；光栅检测

中图分类号：TG115.21⁺5 **文献标识码**：B **文章编号**：1009－5438(2017)06－0060－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.06.021

System Upgrade of 19JC Digital Universal Tool－measuring Microscope

GAO Shi－chen, ZHAO Li－na

(*Center of Instrument of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou*, 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: 19JC digital universal tool microscope is a kind of two－dimensional coordinate measuring instrument widely used in the machining production. However, the tool microscope involves optical and geometrical measurement, the multi parameter and high precision of equipment, which leads to the tedious process, low work efficiency and great accidental error. According to the automatic measuring system of advanced tool microscope both at home and abroad, the existing 19JC digital universal tool－measuring microscope was systematically upgraded and succeeded by using CCD camera technology, digital image processing technology and grating detection technology.

Key words: digital universal tool－measuring microscope; CCD; digital image processing; grating detecting

万能工具显微镜是目前各企业单位使用范围很广的一种计量光学仪器，其操作简单、准确度高、性能稳定使得其成为各种工业工艺及科学领域不可缺少的计量工具。目前各企业单位使用的19JC型数字式万能工具显微镜是20世纪80年代的产品，这种传统的二维坐标测量系统存在着读数过程繁琐、测量时间长、测量人员主观误差相对较大、自动化程度低等缺点[1]。测量人员在测量工件时需通过光学目镜瞄准，并估读数据进行处理得出结果。但是由于测量过程比较繁琐，测量人员长时间工作容易疲劳，使得人眼估读主观随意性增大，人为误差引入测量结果增大，导致测量结果超差。目前国内外先进的万能工具显微镜结合计算技术和精密测量技术，提高了自动化程度，减小了测量误差，能够更加安全可靠、方便快捷地获取信息，不仅能体现工件的细微之处，还能将测量人员从繁重的体力劳动中解

* **收稿日期**：2017－09－20

作者简介：高士臣(1967－)，男，河南省汤阴县人，正高级工程师，现从事自动化仪表的研究与应用工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

脱出来。这类先进的万能工具显微镜目前已在一些精密制造单位及科研单位投入使用，但是这些万能工具显微镜的价格都比较昂贵，使得无法在各类小型企业和老企业广泛推广，因此使得对这些数量庞大而又落后的万能工具显微镜进行改造刻不容缓。

1　显微镜系统升级设计与实现

1.1　显微镜结构和工作原理

19JC 数字式万能工具显微镜主要由底座，主目镜，纵、横向导轨，角度读数窗，纵、横数显读数窗，三维测量装置及偏摆装置等附件组成。

万能工具显微镜是利用物方远心照明系统发出的光，照明放置在工作台上的被测工件，然后通过中央显微镜物镜成像于目镜分划板上。分别移动仪器纵向或横向滑座，并利用目镜分划板上各个标记瞄准定位。最后利用纵横向光栅传感器读取确定被测工件的坐标位置，从而达到测量目的[2]。

1.2　系统升级方案

利用 19JC 数字式万能工具显微镜原有的光学系统和测量系统，将影像测量系统与光学系统结合，新增运动控制系统使得影像能够在横、纵坐标方向上配合测量移动。将图像处理技术结合到系统中，实现智能移动、识别工件边缘轮廓要素，并通过运算提取影像边缘特征，实现测量过程的自动化。

万能工具显微镜升级系统主要由光学系统、图像采集系统、运动控制系统及计算机系统组成。升级系统结构如图 1 所示。

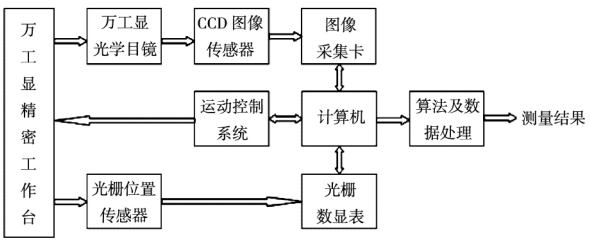


图 1　升级系统结构图

1.2.1　光学系统

在升级系统中，光学系统是整个系统的基础，它是将影像光学信息传输出来的主要途径。改造后的升级系统保留了原有系统的透镜成像系统，利用 CCD 摄像系统代替原有目镜采集工件图像信息，采用原有的柯拉照明系统，提高照明系统的灵敏度及成像质量，为 CCD 摄像头提供均匀的照明。

通过对常见光源(卤素灯、荧光灯、LED 照明光源和电子闪光灯) 和 CCD 摄像传感系统光源(日光灯、白炽灯、平行光源、激光以及红外线等) 进行对比和试验，该系统选用白炽灯作为照明光源，背景照明仍然使用原有的单色绿光底光源。

与光学系统配套的检测系统仍采用原有系统的光栅检测系统，原有万能工具显微镜是通过数显表对莫尔条纹信号进行 20 细分，其最小示值分度值为 0.5 μm。

1.2.2　图像采集系统

新系统增加 CCD 摄像头及专用光学物镜替代人眼瞄准，利用视频采集卡将采集到的图像转换成电信号，并利用图像处理软件 Matlab 处理工件图像，提取工件边缘轮廓信息和特征信息。系统升级的关键在于利用 Matlab 数字图像处理技术检测图像边缘，并提取测量工件边缘特征点，然后进行轮廓跟踪。

在系统采集到图像一般为彩色图像，其中含有大量的信息，这使得耗费大量的时间进行运算。因此需要将采集到的彩色图像转化为灰度图像，即图像灰度化处理，这样可以降低数据处理的运算量。在图像灰度化处理时不应将图像的重要信息(比如边缘信息) 遗失，而且还得与背景区域区分开来，因此在图像预处理前需将灰度图像进行滤波去除噪声干扰。

图 2 为通过利用加权平均值法和最大值法进行试验的效果图，通过比较可以看出最大值法将图像的边缘信息完整的保留下来并与背景区域很好的区分开来。

然后在将灰度化后的图像采用不同滤波平滑处理，对比试验结果如图 3 所示。

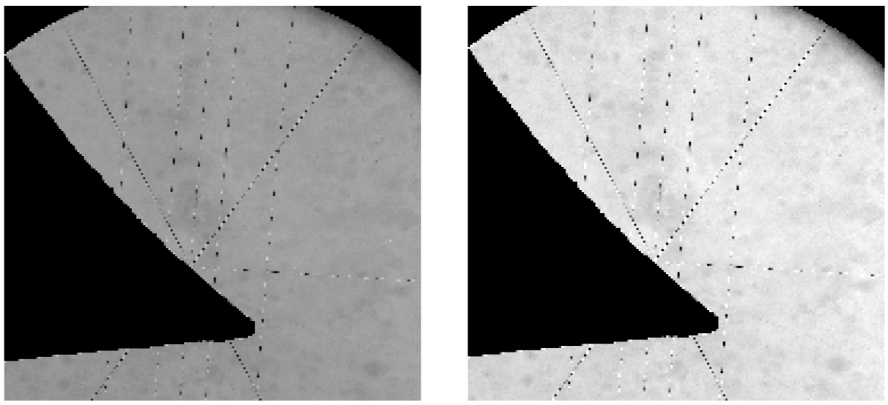
通过 4 种滤波平滑处理可以看出，中值滤波能够将脉冲干扰和椒盐噪声等随机噪声很好地滤除掉，并能将边缘信息完整保存下来。

随后将预处理好的图像边缘进行提取，在 MATLAB 中，提供了图像边缘检测相关的函数，其调用格式如下[3]。

BW = edge(I, 'canny', thresh)

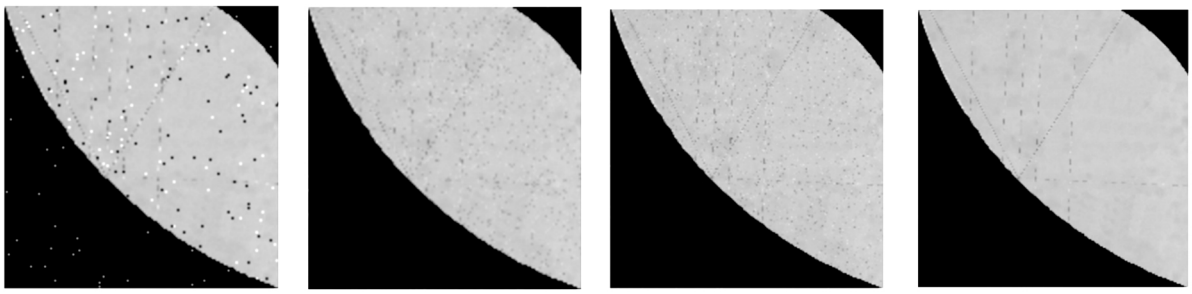
图 4 为工件图像经过中值滤波消除噪声后采用基于 Canny 算子进行边缘检测后的结果，图像中的某些边缘在图中表达的比较清楚，可以进行检测。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



（a）加权平均值法　　（b）最大值法

图2　灰度化效果图



（a）添加噪声图像　（b）采用3×3均值滤波图像　（c）采用加权均值滤波图像　（d）采用3×3中值滤波图像

图3　不同滤波器平滑效果图

将图像特征的边缘提取后，为了方便分析，需将边缘信息数据按照边缘点的顺序存储，即作轮廓跟踪(也称边缘点链接)。系统利用八邻接轮廓跟踪算法从图像中的一个边缘点开始检测，逐一进行搜索并连接相邻边缘点进而检测出整个边界的方法。

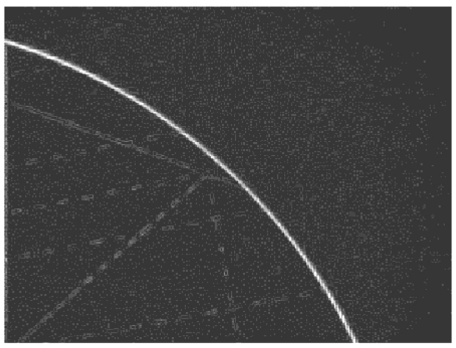


图4　基于Canny算子边缘检测结果

1.2.3　图像传感器选型

对CCD摄像头的选择主要考虑其分辨率。综合考虑各种因素的性能价格，本测量系统选用的是分辨率为720×1 280高精度摄像头，水平分辨率为500线，供电电源为12 V，像敏元素的光学格式为1/2″，最小照度(即灵敏度) 0.1 Lux，具有清晰度高、分辨率高、可以在很暗的环境下使用等优点。图像采集卡则采用与摄像头配套携带的图像采集卡。

1.2.4　运动控制系统

升级系统采用步进电机作为运动控制系统驱动装置，能使显微镜的横、纵坐标平台在相应的方向上移动。步进电机还配备驱动控制器，我们在选择时要考虑两者的兼容性，根据万能工具显微镜x、y坐标平台移动的距离及所需扭矩选择步进电机。

1.2.5　综合测试

19JC数字式万能工具显微镜升级系统在原有的设备上进行改造，将原有的测量目镜用CCD摄像头代替，利用装夹设备进行固定并调试出最佳视野，采集到图像通过视频采集卡传输入计算机内进行图像处理。在显微镜的横、纵坐标平台上安装伺服步

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

进电机和其配备驱动控制器,配套程序嵌入升级系统内。

为了实现万能工具显微镜自动测量系统的检测功能,软件系统完成以下功能: 按照测量要求来控制整个系统无障碍运行; 采集、处理工件的图像和驱动横、纵坐标平台移动实现自动对准。因此,可以分为六大模块: 测量过程控制模块、用户操作界面模块、采集、处理图像模块、光栅数据模块、运动控制模块、数据处理模块。系统工作流程如图 5 所示。

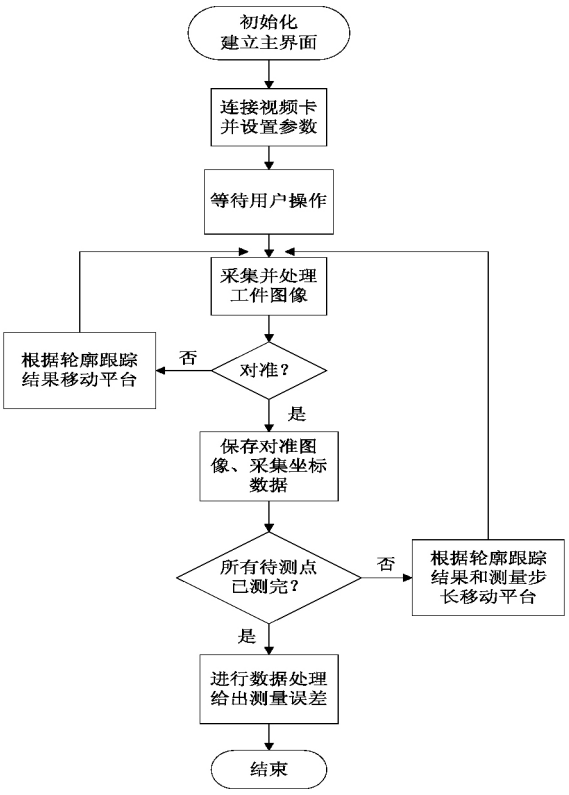


图 5　系统工作流程图

2　实验测试

2.1　测量精度实验

升级后系统长度精度实验选取规格为 100 mm 经中国国家计量院检定合格的标准玻璃尺。在玻璃尺上均匀取 6 点进行重复测量实验,分别为0 mm、20 mm、40 mm、60 mm、80 mm、100 mm,对每一点重复测量 3 次,并取三次测量的平均值为最终的测量结果,测量结果相对于标准值的最大误差为 0.34 μm,实验结果表明系统测量精度满足规程要求。

2.2　工件测量实验

选取标准值为 49.995 3 mm 的环规和标准值为 15°10′的角度量块,运用升级后万能工具显微镜系统对该环规直径和角度量块的角度进行测量。分别测量 10 次,对环规直径和角度块角度的进行测量,通过多次测量得标准环规直径为 49.995 5 mm,测量误差为 + 0.000 2 mm,其标准差 3σ 为 0.000 4 mm; 角度量块的角度为 15°09′49″,偏差为 −11″,标准差 3σ 为 17″,满足规程要求。

3　结束语

原有的 19JC 数字式万能工具显微镜在实际使用中存在自动化程度低、测量过程繁杂、测量人员误差较大、测量时间长等缺点。通过改造升级,将 CCD 图像采集技术和 MATLAB 数字图像处理技术应用于工业几何尺寸检测,有效地解决了系统存在的问题,降低了测量人员的劳动强度,提高了测量自动化水平。

参　考　文　献

[1] 周文斌. 万能工具显微镜目镜视场数据采集数字化的研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.

[2] 顾耀宗. 长度计量基础知识讲座(二十九)[J]. 上海计量测试,2011,4:64.

[3] 李学广. 红外图像预处理算法研究及硬件实现 [D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2007.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net