

doi: 10.7690/bgzdh.2015.10.005

## 某型侦察车伺服精度的数字化检测设计

刘春晓, 胡 鹏, 常祖鹏

(总装重庆军代局驻重庆北碚区军代室, 重庆 400700)

**摘要:** 针对部队条件下常用转角精度检测方法存在的不足, 设计并构建基于机器视觉的数字化检测系统。介绍常用检测方法, 概述其原理, 利用 CCD 摄像机代替人眼采集自准直仪的分划线图像, 采用图像预处理技术识别分划线图像, 通过轮廓提取、亚像素细分和直线拟合算法, 自动判读分划线反射像的位移。结果表明: 该系统能实现伺服转角精度的自动检测, 设计简单易行, 满足部队使用需求。

**关键词:** 自准直; 图像处理; 数字化

**中图分类号:** TJ812<sup>+</sup>.8 **文献标志码:** A

## Design of Digital Servo Precision Detection of Certain Type Reconnaissance Vehicle

Liu Chunxiao, Hu Peng, Chang Zupeng

(PLA Presentation Office in Beibei District, PLA Representation Bureau of General Equipment Department in Chongqing, Chongqing 400700, China)

**Abstract:** To solve the precision problem of the traditional method in detecting the presence of the corner of force conditions, a digital detection system based on machine vision was designed and constructed. We described the common detection method, outlined its principles, adopted a CCD camera instead of human eyes acquisition autocollimator sub scribing images, employed image pre-processing technique for image recognition. With contour extraction, sub-pixel and line fitting algorithm reticle reflection image displacement was interpreted automatically. The test results show that the system can automatically detect the servo angle accuracy, the design is simple enough to meet the troops demand.

**Keywords:** auto collimation; image processing; digital

### 0 引言

侦察车伺服平台是侦察设备的承载平台。伺服转角精度直接影响车载侦察设备对目标位置侦测的准确性。生产过程中为确保侦察定位精度, 运用天顶仪对伺服平台的转角精度进行标定, 但是在部队使用过程中, 伺服转角精度会发生变化, 需要及时对伺服转角精度进行快速的检测, 确认精度误差是否在允许范围内。部队条件下转角精度检测的一种常用方法, 是通过自准直仪和标准的多面棱体组成的光学系统进行检测。该方法主要的缺陷是依靠人眼从自准直仪的目镜中观察分划线, 容易造成检测人员眼睛疲劳, 增大瞄准读数误差, 降低工作效率。为了降低人眼观测的难度, 提高部队检测的效率, 笔者对该方法进行数字化改造, 构建基于机器视觉的数字化检测系统。

### 1 检测方法及原理概述

采用自准直仪和多面棱镜配合进行角位移精度直接检测, 是一种常用的检测方法。在检测过程中, 将多面棱镜固定在伺服平台上, 保持棱镜与平台同步转动。自准直仪安放在可调整的固定支架上, 保持自准直光管与棱体的一个镜面法线方向重合, 控

制伺服平台转动, 设正多面棱体工作面数量为  $n$ , 当转台转过  $360^\circ/n$  整数倍时, 理论上后一被测表面的法线方向应与前一被测表面的法线方向重合, 十字分划线像中心与分划线中心重合。由于伺服平台角位移量存在偏差, 形成棱体转动前后工作面法线方向角度差, 观察到的十字分划线像与分划线中心存在位移。由像的位移可以直接确定伺服精度。

该检测方法利用光学自准直原理, 把角度量值转变为线性量值, 如图 1(a)所示, 当反射镜与自准直仪光轴垂直时, 光线按原路返回, 通过透镜后聚焦成像于  $O$  点处。如图 1(b)所示, 当反射镜存在偏转角  $\alpha$  时, 由反射定律可知, 反射光线相对于入射光线偏转  $2\alpha$  角, 通过透镜后聚焦成像于  $O'$  处。

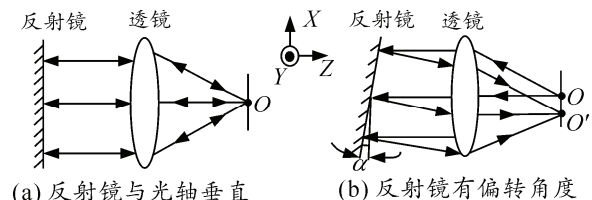


图 1 自准直原理

由此可知, 当反射镜绕  $Y$  轴偏转  $\alpha$  角时, 则像点在焦平面上沿  $X$  轴移动  $OO'$ , 由几何关系可知:

收稿日期: 2015-05-07; 修回日期: 2015-06-20

作者简介: 刘春晓(1986—), 男, 重庆人, 硕士, 工程师, 从事软件测试研究。

$$OO' = f \cdot \tan(2\alpha)$$

式中  $f$  为透镜的焦距。当  $\alpha$  角很小时，近似有  $\tan 2\alpha \approx 2\alpha$ ，有

$$\alpha \approx \frac{OO'}{2f} \quad (1)$$

自准直仪透镜的焦距  $f$  为定值，则由光学自准直原理，可以通过对线位移的测量计算出反射镜的微小偏转角度。

## 2 数字化测量系统设计

由上述检测方法和原理可以看出：若要实现伺服角位移精度的数字化检测，则要实现反射像位移的自动测量；因此，要选择合适的图像传感器对自准直像的信息进行接收和转化，并运用图像处理技术，对获取的图像信息进行分析计算，得到反射像的位移，从而计算出伺服角位移精度。

伺服精度数字化检测系统是在原光学检测方法的基础上，设计数字化测量系统，以机器视觉代替人眼的观察，以图像处理技术代替人工判读，实现检测的数字化。整个系统的结构如图 2 所示。

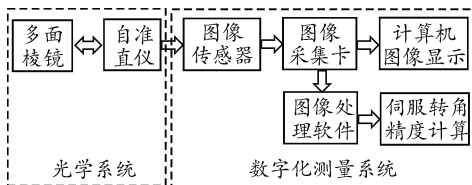


图 2 系统结构

数字化测量系统主要由硬件和软件 2 部分组成，如图 3 所示。

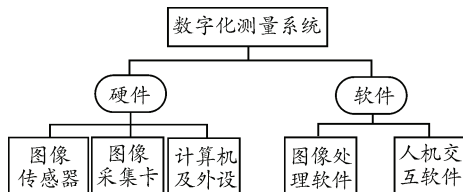


图 3 数字化测量系统主要组成

图像传感器：将接收到的光学图像转换为电信号。图像传感器有 CCD(charge coupled device)和 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)2 种，在工作原理上没有本质的区别，但鉴于 CCD 图像传感器在成像质量与抗干扰等性能上较优，因此在设计时选用 CCD 图像传感器。

图像采集卡：将图像传感器采集到的图像信息转换成计算机方便接收的数字信号。

计算机及外设：实现图像显示、数据处理、数据传输和数据储存等功能的设备。比如 USB 接口和 1394 接口等。

图像处理软件：数字化测量系统的核心，实现十字分划线位移的测量，包括图像预处理算法和图像特征提取算法等。

人机交互软件：为用户提供人机交互界面和接口，实现自准直仪图像的显示，十字线像的位移以及伺服精度测量结果的输出。

## 3 图像处理软件算法设计

图像处理算法的选择和设计直接影响到数字化测量系统的实现和测量精度。通过软件对自准直仪十字分划线像位移的准确识别，精确计算出伺服转角精度。图像处理软件数据处理流程如图 4 所示。当 CCD 采集到的图像数据传入图像采集卡后，图像处理程序要将得到的图像进行 256 阶灰度化处理，将普通图像转化成数字图像，便于计算机处理。

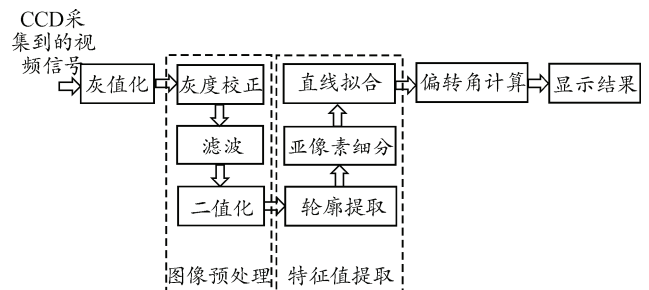


图 4 图像数据处理流程

### 3.1 图像预处理

为了方便对分划线图像特征值的提取，精确判读十字分划线像的位移，需要对分板图像进行预处理。主要是对 CCD 采集到的自准直仪十字线反射像进行图像增强、平滑和分割，为后续的提取十字分划线图像的特征值做准备。采用的主要算法如下：

#### 1) 灰度校正。

采集到的分划线图像通常会因光照等原因，出现亮度不均的情况，或整体偏亮，或整体偏暗。灰度校正可改善画质，增强图像对比度，使图像更加清晰。常用的灰度校正方法是直方图均衡化，即对图像中像素个数多的灰度级进行展宽、像素个数少的灰度级进行缩减，从而使图像更清晰。

#### 2) 中值滤波。

分划线图像在采集、传输和变换等过程中，因受光源、图像传感器及周围环境等因素的影响，不可避免地会在图像中形成噪声或失真，对后续图像处理影响较大。通过图像滤波可除去或减弱图像的噪声，保留图像的细节特征。常用的滤波方式有均值滤波、中值滤波和边界保持滤波等。在设计中采用中值滤波法，其方法是选取奇数个点的滤波窗口，

用窗口内所有像素灰度值的中值来代替指定点(一般是中心像素)的值, 以达到滤除噪声的目的。

### 3) 二值化处理。

为了将自准直像中的十字分划线提取出来, 需要对图像进行阈值分割(二值分割)。其基本思想是设定某一阈值  $R$ , 原图像为  $f(i, j)$ , 分割后的图像为  $g(i, j)$ , 有

$$g(i, j) = \begin{cases} 0, & f(i, j) \geq R \\ 255, & f(i, j) < R \end{cases}。$$

从二值化的过程中可以看出, 阈值的选取直接关系到图像提取的质量。确定阈值的方法主要有直接阈值法、最小误判概率阈值法、最大方差阈值法和递归阈值法。其中最大方差阈值法不易受外界条件影响, 且计算较快, 是一种较优的自动选取阈值法; 因此, 笔者采用最大方差阈值法决定阈值。

## 3.2 特征值提取

特征值的提取就是通过图像识别自动判读十字分划线位移的过程。二值分割后得到的十字分划线图像数据, 经过轮廓提取, 得到十字线像的外部轮廓, 再经过直线拟合算法识别十字线中心的位置坐标, 得到十字线图像在水平和垂直方向上的位移。

### 1) 轮廓提取。

二值化后的图像可以运用轮廓提取算法获得目标图像的外部轮廓。该算法非常适合处理二值图像, 运算简单, 且定位精确。算法步骤: 对图像中每一个黑色像素点, 查看该点周围 8 邻域像素点的灰度值之和是否为 0, 若是则认为该点是内部点, 输出图像相应位并置白色。

### 2) 亚像素边缘提取。

通常轮廓提取后边缘位置的精度只能达到像素级, 亚像素边缘提取是在提取出的轮廓基础上再进一步对边缘点的位置进行细化, 以达到亚像素级。亚像素边缘的提取方法有很多, 根据采集的十字线边缘的形状特点, 以及系统的实时性要求, 在设计上选择计算简单、精度较高的一阶微分期望法检测十字线亚像素边缘。其算法如下:

① 对于轮廓提取后的离散图像  $f(x)$ , 利用差分来近似计算其一阶微分, 对灰度图像分别进行水平和垂直方向的差分, 得到其一阶微分  $g(x)$ 。

② 根据差分后的梯度值来确定包含边缘的区间, 即设定一个阈值  $T$ , 如果存在  $x$  的一个区间满足  $g(x) > T$ , 那么该像素区间属于边缘。

③ 计算  $g(x)$  的概率密度函数  $P(x)$ , 由于是离散

图像, 因此

$$p_k = \frac{g_k}{\sum_{i=1}^n g_i}, \quad k=1, 2, 3, \dots, n。$$

④ 计算  $P(x)$  的期望值  $E$ ,  $E$  是所求的亚像素边缘。在离散图像中有

$$E = \sum_{k=1}^n k p_k = \sum_{k=1}^n (k g_k / \sum_{i=1}^n g_i)。$$

通过上面的算法, 利用水平差分图像数据提取十字分划线竖线的左右边缘位置和垂直差分图像数据提取十字分划线横线的上下边缘位置, 从而获得精确的十字线边缘位置。

## 4 直线拟合

通过轮廓提取和亚像素边缘细分后, 能够得到十字线图像的边缘点坐标。笔者采用最小二乘拟合法对边缘坐标点进行拟合, 得到边缘的直线方程。得到直线方程后, 很容易计算出十字线的中心位置及其相对图像原点的位移, 再根据自准直原理公式(1)即可得反射镜在水平和垂直方向的偏转角度。

## 5 结束语

笔者从整个系统方案设计和详细的软件算法设计 2 个方面, 提供了一种部队条件下伺服精度检测方法的数字化改造方案。该设计方案在原有检测方法的基础上实现了伺服精度的自动检测, 设计简单易行且具有较高的精度, 满足部队使用需求。

## 参考文献:

- [1] 壮舒, 郝志航. 面阵 CCD 在二维直读式数字自准直仪中的应用研究[J]. 光学精密工程, 2002, 3(4): 42-46.
- [2] 陈世哲, 浦昭邦, 刘国栋. 二维自跟踪视觉准直测量系统[J]. 光电工程, 2005, 32(5): 55-57.
- [3] 黄银国. 激光自准直微小角度测量基础技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [4] 史亚莉, 高云国, 张磊, 等. 提高 CCD 激光自准直测角精度的硬件方法[J]. 精密光学工程, 2008, 16(4): 726-732.
- [5] 孟浩. 基于二维图像的准直测量技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
- [6] Castleman K R. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998: 120-172.
- [7] 陈冬岚, 刘京南, 余玲玲. 几种图像分割阈值选取方法的比较与研究[J]. 电气技术与自动化, 2003(1): 70-80.
- [8] 季虎, 孙即祥, 邵晓芳, 等. 图像边缘提取方法及展望[J]. 计算机工程与应用, 2004(14): 70-73.
- [9] 党宏社, 胡尊凤. 基于灰度矩亚像素定位算子的视觉测量方法的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2008, 26(3): 79-81.