

文章编号 1004-924X(2000)03-0283-04

计算机视觉技术在发动机缺陷检测系统中的应用

赵红颖¹, 于微波²

(1. 中国科学院长春光学精密机械及物理研究所, 吉林 长春 130022;

2. 吉林工学院自动化系, 吉林 长春 130012)

摘要:利用计算机视觉技术及相应的机械伺服系统,对汽车发动机缸孔表面缺陷进行检测,其主要解决的问题是:缸孔图象区域分割,二值化图象阈值的选取以及目标缺陷的确定。针对以上问题,采用直方图均值适应法选取二值化阈值,对识别出的缺陷进行标定,并通过拟合方程得到缺陷的实际尺寸并最终确定出目标缺陷。实验结果表明此方法克服了传统检测方法的不足,是一种准确性和自动化程度较高的检测方法。

关键词:缺陷检测; 计算机视觉; 发动机

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A

1 引言

汽车发动机缸体铸造时,在缸体内留有铸造缺陷通常指砂眼和缩松。有些缺陷是在缸孔加工后会暴露在缸孔的表面上,这些暴露出来的缺陷会影响发动机的工作性能,所以在加工后必须对缸孔进行检测。将有缺陷的缸孔检测出来不使其进入后序发动机总成。目前,国内对发动机缸孔缺陷的检测,仍然停留在人工肉眼检测的落后状态,这种方法不仅效率低而且漏检率很难控制。针对这种落后状况,研制出利用计算机图象处理技术的缸孔缺陷检测系统,实现缸孔图象自动采集,分析,处理及识别。同时本系统采用模板匹配法划分检测区域并首次提出直方图均值适应法选取缸孔图象二值化阈值,又进一步提高缺陷检测精度和检测速度。

2 缸孔表面图像处理及缺陷识别

2.1 图像采集及分段

如果采用线阵 CCD 摄像机在缸孔内采集图像时,其机械伺服系统很复杂。所以本文采用带广角镜头的面阵 CCD 摄像机,在缸孔顶端沿缸孔轴线采集缸孔内表面图像。由于发动机缸孔长 150mm,面阵 CCD 摄像机要将整个缸孔图像采集下来,位于缸孔底圆处的缺陷会因为畸变过大被漏采。因此,为了保证检测精度必须分段采集缸

孔图像。又根据缸孔各段的精度要求不同,将其分成三段。摄像机在三个不同位置处采集缸孔图像。如图 2 所示为摄像机在上位和中位时采集的同一缸孔的上段和中段图像。

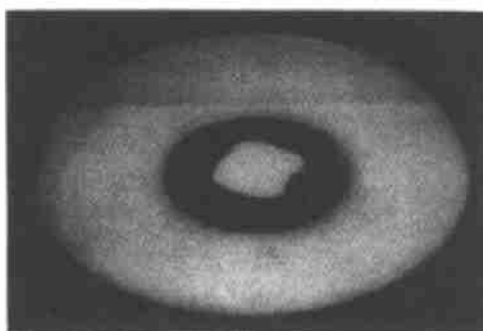


Fig. 1 The cylinder-bore's up image

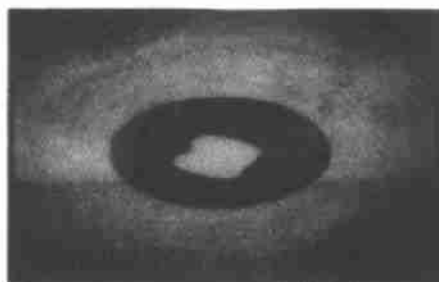


Fig. 2 The cylinder-bore's middle image

由图可知:

- 每幅图像都不只包括要采集的那段缸孔图像;
- 摄像机在中位采集的缸孔图像已非全缸孔图像;
- 摄像机位置变化使每幅图像中无固定参照物。

针对上述存在的问题,采用模板匹配和摄像机定位相结合的方法^[1]是十分有效的。划分结果如图 3,4 所示。图中缸孔面上的点是标记在缸孔上段和中段边界线上的标记点,用来表示分段是否准确。由图 4 可知,分段后标记点在分界线上证明分段准确。



Fig. 3 The cylinder-bore's image with signs

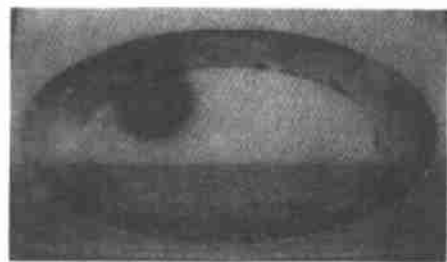


Fig. 4 The image segment result

2.2 中值滤波

划分出检测区域后,对划分出的区域进行图像处理及缺陷识别,对于只有物体,背景及噪音的图像,通常采用的识别方法是先滤波再二值化处理^[2]。视频信号经采集卡进入计算机内存,在传输过程中由于各种电器信号的干扰会在原始图像上产生噪音,为了抑制这种图像的退化,本系统首先用中值滤波对信号降噪。中值滤波是一种非线性滤波方法,在一定条件下,中值滤波可以克服线性滤波带来的图像细节模糊,而对脉冲干扰及图像扫描噪声也颇为有效。中值滤波的原理是:设有一维数列, f_1, f_2, \dots, f_n , 取窗口长度为 m (m 为奇数),

对此一维序列进行中值滤波,就是从输入序列中相继抽取 m 个数:

$$f_{i+v}, \dots, f_{i-1}, f_i, \dots, f_{i+v}$$

其中 f_i 为窗口中心点值 $v = (m-1)/2$ 再将这 m 个点按数值大小排列取序号为正中间的数值为输出,即

$$Y_i = Med\{f_{i-v}, \dots, f_{i-1}, f_i, \dots, f_{i+v}\}$$

在二维信号处理中,可以设计两种滤波器,一种是十字型滤波器,另一种是方型滤波器,其中十字型滤波器不影响信号形成,而方型滤波器将丧失某些信号成分。本系统为了抑制噪声,选取了 3×3 十字型中值滤波器。实验表明,利用低通滤波器运算来改变噪声图像,只是一种在抑制干扰与保持图像细节之间寻找折衷的方法。中值滤波有效地克服了这种弱点,并能使 $n \times n$ 运算窗口内,像素数小于 $(n-1)/2$ 的结构完全被消除,而亮暗的突变过程仍被保留下来,中值滤波不会损失图像的锐度^[3]。

2.3 缺陷识别

缸孔表面是已加工表面,光照成象后图像上背景灰度是均匀的,而缺陷是非加工表面,表面粗糙,成象后灰度值很低,如图 5 所示。所以,要识别出缺陷只要选取适当的二值化阈值即可。

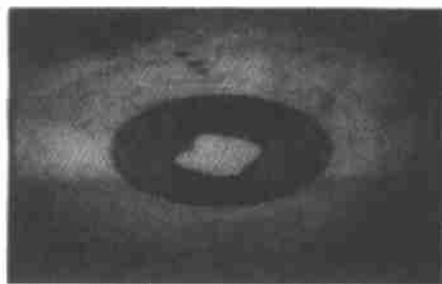


Fig. 5 Cylinder-bore's defect image

本文针对缸孔图像的特点没有采用常规的二值化阈值选取方法,而是提出了新方法——直方图均值适应法。介绍此方法前首先给出缸孔图像灰度分布特点:

- 背景灰度分布均匀,从直方图(图 6)上看出其分布近似高斯分布。由于电压波动,照明波动及数字采集系统 A/D 转换误差,均会使直方图产生变化,但是,这种变化只是缸孔图像灰度直方图沿着灰度轴整体发生漂移,并不会改变其分布形状;

- 因为缸孔表面缺陷通常很小,所以在图像上占有的像素数少,那么其低灰度值占整幅图 象

的灰度值的比例就很小。对同一段缸孔图像在有缺陷和无缺陷的情况下分别求图像灰度平均值,结果表明,缺陷的灰度对图像的灰度均值没有影响^[3]。

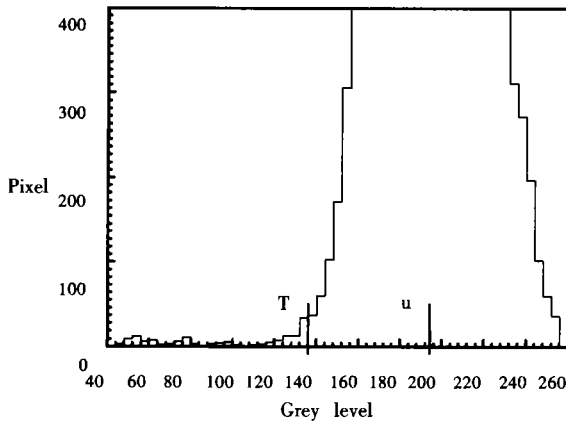


Fig. 6 The image gray histogram

根据上述缸孔图像特点,本文提出直方图均值适应法选取图像二值化阈值,步骤为:首先,计算缸孔灰度图像各点灰度的平均值 u ,设图像各点灰度为 $M(i, j)$ 则

$$u = \left[\sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} M(i, j) \right] / (255 \times 255)$$

其次,找出直方图中图像灰度分布的离散度。此方法中离散度计算根据缸孔图像直方图的特点可简化为灰度最大值与均值的差值。

$$3\sigma = A_{\max} - u$$

最后,计算二值化阈值 T ,

$$T = u - 3\sigma$$

实验结果表明,直方图均值适应法不仅克服了以往选取阈值方法的计算量大,速度慢的缺点,同时还能适应直方图发生漂移的情况,准确地选取二值化阈值。实现了缺陷的准确识别。图5是对不同光照下缸孔中段图像(图3)处理后得到的缺陷图。

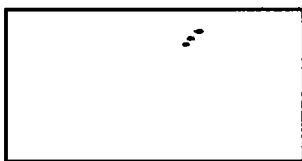


Fig. 7 The result of detected defects

2.4 区域标记

将二值化处理后得到的缺陷区域进行标记,在标记的过程中记录下每个缺陷的像素数(n)和图像上的缺陷中心位置坐标,即到缸孔图像中心点的半径值(r)。其算法如下:

- 将所有缺陷象素灰度值变换为-1;
- 搜索缺陷的初始象素,若未找到则返回;
- 从各缺陷区域初始象素开始标记区域;
- 重复2,3两过程直到找不到-1为止;
- 计算各缺陷向素数(n),计算各缺陷中心坐标(r)。

3 目标缺陷的检出

经过二值化处理得到的缺陷并非都是目标缺陷。因为根据缸孔缺陷表面技术要求只有在缸孔某一段的缺陷的实际面积超过该段规定的尺寸要求,才能确定该缺陷为目标缺陷。也就是要先求出缺陷的实际尺寸。由于采集图像时图像发生了畸变,致使缺陷也发生畸变。所以要想求出缺陷实际面积,首先必须将畸变复原。需要复原的尺寸有两个:缺陷在缸孔表面上的实际位置(H);实际面积(S)。

高度是缺陷的重心到缸体上表面的距离。由光学成像原理可知,距摄像机距离不同的点成像后到缸孔中心的半径也不同。而在缸孔同一高度上的点成像后距中心点的半径是相等的。所以可以根据成像原理得到关系式^[1]: $H = f(r)$ 。

影响缺陷面积的因素很多,例如受光学成像系统,光照系统等影响。其中由于物体成像近大远小,使区域面积与其所处的位置有关。而且缸孔成像成椭圆状也对缺陷面积有一定的影响。因为这种处理是图像几何处理的图像缩放,图像缩放使原图像中的象素与目的图像失去一一对应的关系。要恢复图像必须进行插值计算。所以对缺陷面积复原不做几何处理而是采用实验方法拟合出公式,最后通过实验得出有关公式:

$$H = -16.1 + 8850.5/r$$

$$S = 10.80 + 0.36 \times (n - 10.67) - 0.2 \times (r - 40.6)$$

回归公式经显著性检验均在0.05水平上显著,满足检测要求。

4 结 论

本文采用计算机视觉技术实现发动机缸孔缺陷自动检测,在国内尚属首次。文中结合缸孔图像

的特点提出的图像模板分段法和直方图均值适应法可使识别出错率达到最小,也提高了缺陷识别精度。采用区域标记方法来获得二值图像中目标

物体全域内的坐标点集,是灰度图像中区域生长的一种优化算法,速度快,精度高。本文论述的方法也可推广应用到其他内孔表面质量检测中去。

参考文献:

- [1] 赵红宇等.缸孔表面缺陷图像的分段检测.第九届全国图像图形学学术论文集[C].中国西安,1998(5):77-79.
- [2] 周新伦,柳建学.数字图像处理[M].北京:科学出版社,1986.
- [3] 林治斌,尉迟颖颀,江崇吉.玻璃瓶底污物的实时检验图像识别方法[J].大连理工大学学报[J].1991,31(1):107-110.
- [4] Polzleitner W. Syntactic recognition of defects on wooden board[C]. Proc. SPIE. 1995,2588:265-271.

Application of computer vision in detecting system of engine's surface defects

ZHAO Hong-Ying¹, YU Wei-bo²

(1. *Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China;*

2. *Department of Automatic Control, Jilin Institute of Technology, Changchun 130012, China)*

Abstract; Using the computer vision technology and the machine servo system, the defects on the cylinder-bore's surface are detected automatically. The main problems solved in this paper are how to segment the image of the cylinder-bore; how to select threshold value; how to determine the object defects. To solve the problems, the value is chosen by the histogram average fitting method, the defects and the sizes are acquired by the regression formula. Experimental results show that the method has the features of high precision and high automation, which overcomes the weaknesses in traditional detecting method.

Key words; defect detect; computer vision; engine

作者简介:赵红颖(1971-),女,吉林省长春市人。1998年毕业于吉林工学院机械系,获得硕士学位。1999年考入中国科学院长春光学精密机械与物理研究所攻读博士学位。