

CCD 摄像法测径实验

【实验目的】

- 1、了解有关图像处理的基本知识。
- 2、学习利用 CCD 摄像法测量工件直径。

【实验仪器】

KYCSY10 型光电传感器系统实验仪, CCD 摄像机, 计算机, 标准件 ($\phi=10.00\text{mm}$), 待测试件等

【实验原理】

1、数字图像处理技术简介

图像是由若干个图像点构成的, 每一个点被称为一个像素 (如图 21.1)。像素即构成图像的基本元素。我们说一个图像大小是 $800*600$, 实际上讲的就是这个图像的像素数目: 该图像在水平方向上有 800 个像素, 在垂直方向上有 600 个像素, 它是一个 $800*600$ 个像素的矩形区域的图像。图像的水平方向上的像素个数称为图像的宽, 垂直方向的像素个数称为图像的高。图像的每一个点都有自己的属性, 如颜色 (color), 灰度 (Gray scale 或 Gray level) 等。颜色或灰度是决定一幅图像表现能力的关键因素。颜色即图像中像素可以区分的颜色数目, 如单色、4 色、16 色、256 色、24 位真彩色等, 颜色越丰富, 图像的表现能力越强。灰度是像素的亮度, 它用于表示黑白图像像素之间的可区分程度, 用级或等级来度量, 级数越多, 黑白图像的表现力越强。灰度值一般为 1 级、16 级和 256 级。需要指出的是, 图像越大, 颜色值越多, 或灰度级别越高, 则在处理图像时对计算机的硬件和软件环境要求也会相应提高。

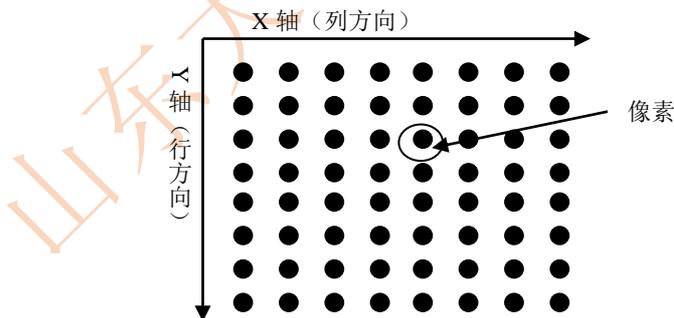


图 21.1 图像矩阵

为了研究和分析图像, 就需要对图像进行处理。所谓图像处理, 就是按特定的目标, 用一系列的特定的操作来“改造”图像。图像处理可以应用光学方法, 也可以应用电子

学方法。光学图像处理方法已有很长的历史，如光学滤波器等。在激光全息技术出现后，它得到了很大的发展。光学图像处理是并行处理，处理速度快，信息容量大，分辨率高，又很经济；其不足是处理精度较低，灰阶少，处理缺乏灵活性，如处理过程中功能不全，没有判断功能，没有数量概念等，常用在定性分析中。

数字图像处理就是把在空间上离散的，幅度上量化的分层的数字图像，经过一些特定的数理模式进行加工处理，以达到有利人眼视觉或某种接收系统所需要的图像的过程。数字图像处理的过程包括：

图像变换： a).几何变换，平移，转置，旋转，缩放等。b)傅立叶变换。c) 小波变换等。

图像滤波：各种图像数据，在形成、传输、接收和处理过程中，由于受到媒质的实际性能和接收设备的限制，不可避免地存在着外部干扰和内部干扰。这些随机干扰使得图像信号质量下降。为了改善这些下降的图像质量，图像处理一般采用两种技术，即图像恢复技术和图像增强技术。在上述两种处理手段中，常用的具体方法有：改变图像的亮度；变换图像的对比度(图像亮度的最大值和最小值之比)；图像滤波；图像校正等。这其中，图像滤波起着重要的作用。滤波技术能有效地抑制(平滑)各种噪声、加强(锐化)边缘信息，将很大程度上改善图像质量，提高后续工作(如图像分割)的精度。

(1)线性滤波器：线性均值滤波因为理论基础完善、数学处理简单、易于采用FFT和硬件实现等优点，一直在图像滤波领域占有举足轻重的地位。线性均值滤波对加性高斯噪声有较好的平滑作用。均值滤波是采用 $N*N$ （如：3*3, 5*5, 7*7）窗口对图像进行

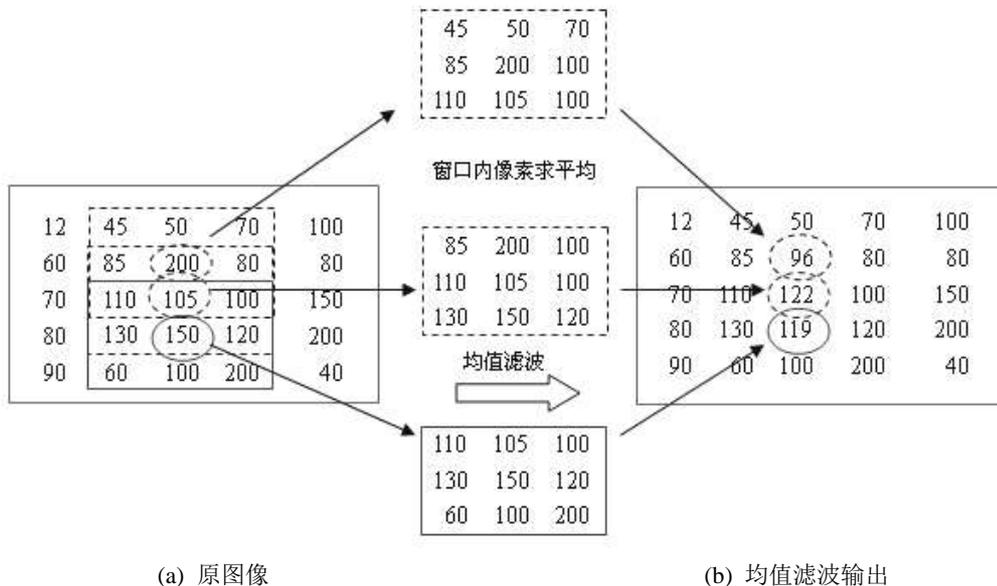


图 21.2 均值滤波过程

滤波操作。滤波的目的，将叠加窗口 $N*N$ 各像素灰度值加权平均，然后该窗口每个像素点的灰度值用加权平均值代替，达到滤波的效果，这种滤波方式可去除图像中如尖锐噪声等噪声的影响，进一步优化图像。均值滤波就是用一个含有奇数点的滑动窗口，将

窗口正中的那一点的值用窗口内各点的平均值代替。假设窗口内有九点，其值为 80、85、100、105、110、120、130、150、200，那么此窗口内的均值为 120。

(2)中值滤波器：著名学者 Tukey 提出了一种非线性滤波器——中值滤波器。对正态分布噪声，中值滤波的方差比线性均值滤波的方差大 57%。中值滤波和均值滤波类似，只不过把滤波窗口内像素点的灰度值排序，取中间值代替每个像素点的灰度值。中值滤波就是用一个含有奇数点的滑动窗口，将窗口正中的那一点的值用窗口内各点的中值代替。假设窗口内有九点，其值为 80、85、100、105、110、120、130、150、200，那么此窗口内的中值为 110。中值滤波过程如下图示：

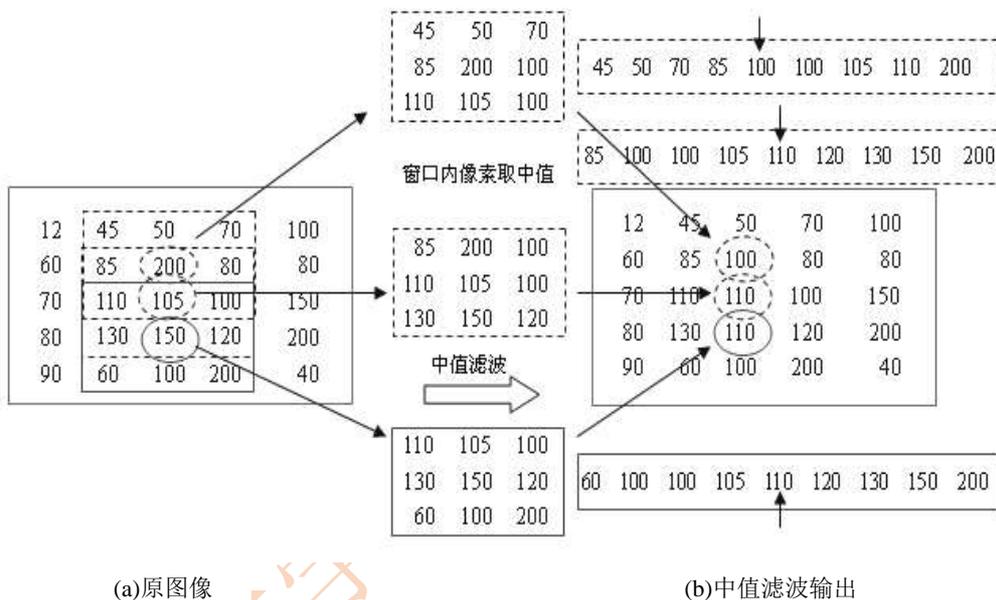


图 21.3 中值滤波过程

图像分割：图像分割的目的是把图像划分成具有一定意义的区域，把人们对图像中感兴趣的部分或者目标从图像中提取出来，作进一步的分析应用。以物体边界为对象进行分割的技术称为图像边缘检测技术。通过检测图像中的局部不连续性得到图像的边缘，两个具有不同灰度的均匀图像区域的边界，即边界反映局部的灰度变化。局部边缘是图像中局部灰度级以简单(即单调)的方式作极快变化的小区域。这种局部变化可用一定窗口运算的边缘检测算子来检测。

二值化处理：二值图像就是指只有两个灰度级的图像，由灰度图产生二值图像时，如果输入像素的灰度值大于给定的阈值(一个特定的灰度值)，则输出像素赋为 1 (显示为白色)，否为 0 (显示为黑色)。只有两级灰度的数字图像(黑和白)称为二值化图像。

对图像进行均值滤波、中值滤波和二值化的效果如图 21.4 所示。

2、数字图像处理技术的应用

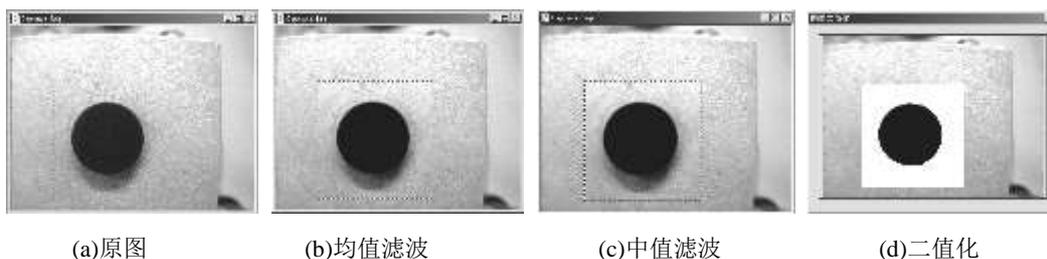


图 21.4 图像处理效果

随着计算机技术的突飞猛进以及数字图像处理技术的发展,数字图像处理在科学研究、工业生产、国防、现代管理决策等众多行业得到越来越多的应用。数字图像技术在医学上应用十分广泛,如 B 型超声, X 光-CT, 放射性同位素扫描和核磁共振成像,它们是现代医学的四大影像技术。数字图像处理技术在工业自动化、工业检测方面的应用也相当广泛。利用图像处理技术,可以进行器件的内结构分析、失效分析和可靠性筛选。数字图像处理技术在公安方面的应用有两个突出的成果,即指纹查询、识别及人像组合、查询和识别。在现代战争里,数字图像处理技术极为重要。例如,将来自卫星的图像用于军事侦察,以地形匹配实现精确轰炸,以相关运算实现活动目标跟踪等等。当前呼声很高的电子商务中,图像处理技术也大有可为,如身份认证、产品防伪、水印技术等。另外,图像处理技术在通信工程,文字识别中均起着重要作用。总之,数字图像处理技术的应用在国家安全、经济发展、日常生活中起着越来越重要的作用。

3、 数字图像处理设备

数字图像处理过程,包括图像采集、传输、处理,使用的主要设备有

(1) CCD 摄像机、数码相机

CCD 摄像机由于没有几何畸变,而且对光的响应是高度线性的,故往往作为图像传感应用的首选设备。CCD——电荷耦合器件,是英文 Charge Couple Device 的缩写。CCD 能将二维光学图像信息通过驱动电路转变成一维的视频信号输出。CCD 可以按不同的方式配置构成一系列可以应用于电视和图像数字化目的小型而稳定的固态摄像机。

CCD 摄像机的图像一般只有数十万像素。由于 CCD 摄像机可以输出连续图像,特别适合于动态监视和测量,也可用于精度要求不高的静态测量。普通 CCD 摄像机每秒钟输出一、二十帧图像,价格便宜。高速的每秒钟可输出数百甚至上千帧图像,但价格昂贵。

CCD 摄像机有单色和彩色之分,单色 CCD 摄像机一般具有较低的噪声,根据测量要求和测量环境选择不同的 CCD 摄像机。

目前,数字摄像机的使用逐渐多起来。数字摄像机具有上百万的像素,且直接是数字信号输出(一般采用 USB 或 1394 接口),使用更加方便,分辨率高,价格上也从最初的高价位逐渐降了下来。

数码相机具有数百上千万像素的分辨率,一般都可利用 USB 接口与计算机相连,分辨率高,使用方便。但数码相机一般只能采集静态图像,且不利于用计算机直接控制进行拍摄。

(2) 图像采集卡

一般 CCD 摄像机的输出信号是模拟信号，需用图像采集卡将其转换为数字图像。一般图像采集卡插在计算机的扩展插槽内，速度快。也有采用 USB 接口的图像采集盒，使用方便，但速度较慢。目前采用的数字摄像机，由于使用标准的 USB 或 1394 接口，不再需要图像采集卡，使用方便，速度也足够达到要求。

(3) 计算机、显示器、打印机、绘图仪等

计算机、显示器等是大家都比较熟悉的设备，在此不再赘述。

4、CCD 摄像法测径

利用 $D_0 = 10.00\text{mm}$ 的标准直径试件，通过 CCD 摄像机，拍摄物体影像，然后利用计算机软件捕获该图像，此时试件直径就反映成为图像上尺寸（占有的像素数；注意 CCD 距物体的距离不同、放大倍数不同，得到的像素尺寸就不同。）在图像上测出此图像尺寸，记为 D_1 ，单位为像素，然后利用 D_0 、 D_1 标定整个测量系统的测量转换系数，记为 K ，

$$K = \frac{D_0}{D_1} \quad (21.1)$$

利用测量转换系数 K ，就可以把待测试件的实际尺寸计算出来。

$$D_{x0} = K \cdot D_{x1} \quad (21.2)$$

其中 D_{x0} 为试件的实际尺寸，单位为毫米， D_{x1} 为试件的图像尺寸，单位为像素。

直径测量分为：软件法测量和手工测量。

软件法测量：利用 CCD 摄像法测径软件提供的“直径测量”功能进行测量。在测量的过程中，软件自动计算选定测量区域所有象素点灰度值为 0（黑色区域）的面积。

由 $S = \frac{1}{4} \pi D^2$ 得

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (21.3)$$

其中 D 为测量试件的直径， $\pi = 3.1416$ ，此时测量出的直径可为小数，单位为像素。若试件为正方形，得到试件的面积后，利用正方形面积公式可求得边长。

手工测量：是通过标定水平方向上灰度值为 0 的像素点坐标最大值和最小值的差完成直径测量。此时由于是坐标（像素）差，故而测量出的直径为整数，单位为像素。

【实验内容】

本实验所用 CCD 摄像机与样品位置关系如图 21.5 所示。

1、确认正确安装了图像采集卡及其驱动程序，确认安装了 CCD 测试实验软件。

2、打开光电传感器系统实验仪电源，启动计算机，启动 CCD 测试实验软件，程序主界面如图 21.6 所示。

3、设置视频格式摄取格式为 RGB24 Bit，设置视频源设置影像输入(AV)，若影像标准(PAL)亮度、对比、色度可根据情况设置；彩度设置为 0；这时应该有视频图像显示。若无，请重新调整。通过调整 CCD 与测量目标之间的距离、CCD 镜头的焦距、背景照明光源使测量目标基本成像于图像的中央并占据图像的大部分，并保证图像清晰，轮廓分明。

注意：调整好后，为保证精度，更换测量目标时应保持 CCD 与测量目标之间的距离、CCD 镜头的焦距、背景照明光源不变。

4、分别将标准件和待测件安放在仪器上，进行测量。

(1)将标准件放入样品架，点击“活动图像”按钮，捕获一幅图像进行测量，则显示图 21.7(a)所示界面。

(2)点击“灰度”按钮，将该图像转化为灰级图像。

(3)选定工作区域，对图片进行“负片”处理，则工作区图片显示出黑白图像，且待测区域成为白色，如图 21.7(b)所示，软件中计算的即为其中白色像点的面积。

(4)调整“二值化”按钮对应的阀块，使图像达到最佳视觉效果；点击“计算”按钮，则显示工作区域的白色图像以像素为单位的面积值。

(5)把标准件从样品架取下换上待测工件。重复(1)--(4)的步骤对待测工件分别采用不

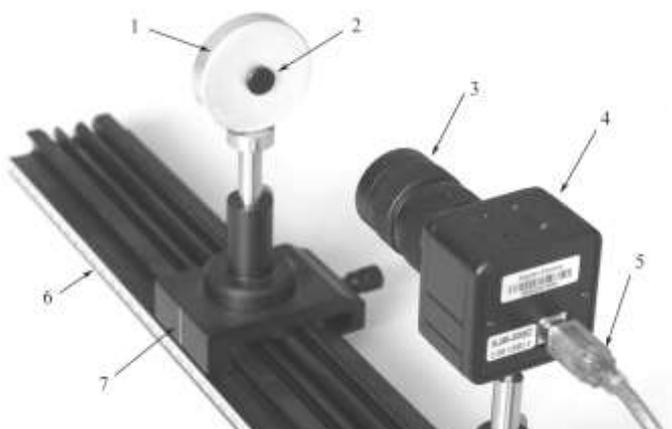


图 21.5 CCD 摄像机安装示意

1. 样品架 2. 待测样品 3. 摄像机焦距调节 4. CCD 摄像机 5. 摄像机视频信号线 6. 导轨 7. 滑块



图 21.6 测量程序运行主界面

滤波条件的二值化处理、二值化处理后中值滤波、二值化处理后均值滤波这三种不同的处理方式，得到各条件下待测工件以像素为单位的面积值，记录数据填入表 21.1。

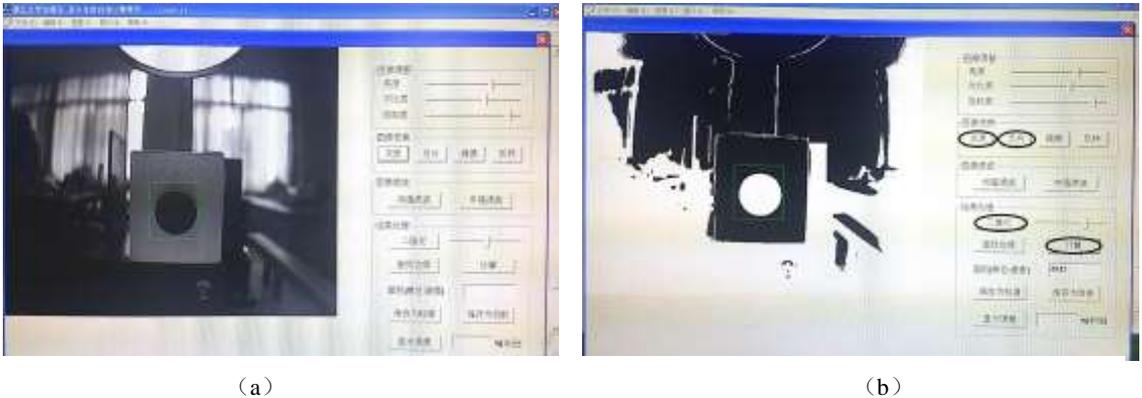


图 21.7 工件测量界面

注意：

①同一幅图像进行不同滤波方式测量时，必须在上一次测量完后，按返回快捷键“灰度”返回到滤波之前，以使得每次测量的图像不要进行两次及以上的滤波处理。

②每种滤波处理的各试件的各次采集图像必须用相同的阈值进行二值化。（为什么？）

5、利用公式 (21.1)、(21.2)、(21.3) 分别计算试件在不同处理方式下的实际尺寸。

表 21.1 (工件均采用二值化处理)

组别/物理量		1		2		3	
		S/像素	D/mm	S/像素	D/mm	S/像素	D/mm
标准件	不滤波						
待测件	不滤波						
	中值滤波						
	均值滤波						

【思考题】

- 1、简单分析一下在对图像进行二值化处理时，阈值的不同选取对测量结果的影响。
- 2、对于其他几何对称的物体（如正方形、正三角形）能否用相似的方法处理？如何计算？对于非几何对称的物体呢？

【应用提示】

CCD 图像传感器的应用

CCD 分为线阵 CCD 和面阵 CCD 两类。像扫描仪、传真机用的就是线阵 CCD，它在测量领域应用较多。面阵 CCD 应用则更为广泛，像数码相机、摄像机等使用的都是面阵 CCD。CCD 的七个主要应用领域：

1. 小型化黑白、彩色 TV 摄像机。这是面阵 CCD 应用最广泛的领域。
2. 传真通讯系统。用 1024~2048 像元的线阵 CCD 作传真机，可在不到一秒钟内完成 A₄ 开稿件的扫描。
3. 光学字符识别。CCD 图像传感器代替人眼，把字符变成电信号，进行数字化，然后用计算机识别。
4. 广播 TV。
5. 工业检测与自动控制。这是 CCD 图像传感器应用量很大的一个领域，统称机器视觉应用。
 - ①. 在钢铁、木材、纺织、粮食、医药、机械等领域作零件尺寸的动态检测，产品质量、包装、形状识别、表面缺陷或粗糙度检测。
 - ②. 在自动控制方面，主要作计算机获取被控信息的手段。
 - ③. 还可作机器人视觉传感器。
6. 可用于各种标本分析（如血细胞分析仪），眼球运动检测，X 射线摄像，胃镜、肠镜摄像等。
7. 天文观测
 - ①. 天文摄像观测
 - ②. 从卫星遥感地面。如：美国用 5 个 2048 位 CCD 拼接成 10240 位长取代 125mm 宽侦察胶卷，作地球卫星传感器。
 - ③. 航空遥感、卫星侦察。如：1985 年欧洲空间局首次在 SPOT 卫星上使用大型线阵 CCD 扫描，地面分辨率提高到 10m。还在军事上应用：微光夜视、导弹制导、目标跟踪、军用图像通信等。