

文章编号: 1672-3392(2007)06-0042-03

基于光切法的表面粗糙度检测的图像处理研究

贾晓艳 萧泽新

(桂林电子科技大学光机电一体化研究所, 桂林 541004)

摘要 介绍了表面粗糙度的检测方法, 阐述了利用视频化改造后的 9J 型光切显微镜, 基于光切法的表面粗糙度检测的数字图像处理方法, 利用 Canny 算子进行边缘检测和保持连通的边缘细化算法进行细化处理, 得到了较为理想的表面粗糙度轮廓曲线, 为后续的表面粗糙度参数的计算奠定了基础。

关键词 光切法; 表面粗糙度; 数字图像处理; 阈值; 图像分割

中图分类号 TN247 **文献标识码** A

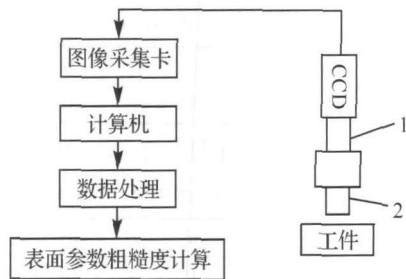
1 引言

表面粗糙度是评定多种工件表面质量的一个重要指标, 研究并测量表面粗糙度是生产加工领域的一个重要方向。传统的表面粗糙度测量方法分为接触式和非接触式两类。接触式主要是触针式粗糙度测量设备, 这种方法精度高、测试稳定并且测量范围广, 但由于是接触式的, 仅适用于静止表面的测量, 而不能对运动表面进行在线测量。因非接触式具有快速、非破坏性、可在线测量等优点, 对它的研究具有重要意义。它主要依靠光学、电磁波和图像处理等技术手段实现表面粗糙度非接触测量。本文将利用数字图像处理技术, 进行基于光切法的表面粗糙度检测。

2 基于光切法的表面粗糙度检测

光切法测量表面粗糙度的原理是将带状光束倾斜投射于被照物体上, 由于被测表面不是一个理想的光滑反射面, 光带与表面轮廓相交的曲线影像即反映了被测表面的微观几何形状。投射光束以 α 倾角照射到工件表面, 考虑到光线在表面上的反射可能是有规则的反射, 也有可能产生无规则的漫反射。研究表明, 只有当照明光轴和观察光轴都与被测表面的法线夹角为 45° 时, 不论是有规则的反射或无规则的漫反射, 物面模糊程度的影响是相等的, 而且是最清晰的情况^[1]。

传统的光切法测量是人眼通过目镜观察形成的轮廓图像, 我们在目镜分划板位置安装一个 CCD 摄像头, 进行视频化改造。经工件表面反射得到的图像由 CCD 摄像头接收并生成视频信号, 再将其输入图像采集处理系统, 视频信号经图像卡转换为数字信号后, 通过 PCI 总线传送到计算机内存, 同时在显示器上显示。在这种改进的视频化检测方法中, 对采集到的图像进行处理便成了此课题的关键。如图 1 所示为 9J 型光切显微镜视频化改造的结构示意图。



1 — CD 光学摄录接口 2 — 显微镜

图 1 结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of structure

3 数字图像处理

在表面粗糙度检测中, 零件表面的灰尘、杂质、漫反射光和杂散光, 经数字化处理后都会表现为灰度的差异。在图像分析中, 这些差异会对检测表面的实际表面轮廓造成影响, 而且通过 CCD 摄像机、

图像采集系统进入计算机的是整幅图像, 包括对象、背景和噪声。图像处理包括图像预处理和图像分析两部分。预处理又包括图像灰度转化、去噪滤波和图像二值化处理。由于线光源有一定的宽度, 因此图像放大后显示的是一条光带, 要进行图像分析计算才能得到我们需要的轮廓曲线。图像分析包括轮廓提取和细化。如图 2 所示为采集到的原始图像。

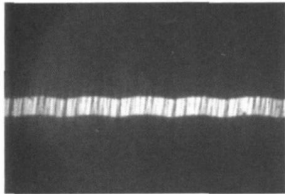


图 2 采集到的原始图像
Fig. 2 Original image

3.1 图像预处理

1) 灰度转化。因为彩色图像包含了更多的信息, 但在表面粗糙度参数的计算中只需要提取工件表面的轮廓线, 其他信息并无用途, 有时反而会带来一些处理上的不便, 所以从提高精度的角度考虑, 采集到图像后先进行灰度转换, 转换的图像为 256 色的 BMP 灰度图像, 使彩色的 R 、 G 、 B 分量相等。灰度处理的方法一般有如下 4 种: 最大值法、平均法、加权平均值法和色彩系统变换法。在此, 我们采用的是色彩系统变换法。彩色图到灰度图的转换公式如下:

$$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

式中, Y 为输出图像的灰度值, R 、 G 、 B 分别为彩色图像中红、绿、蓝的分量值。

2) 去噪滤波。由于受输入光照的条件、电信号等因素的影响, 采集到的图像中有一些随机噪声, 要进行滤波, 以消除原图像中的噪声。

常用的滤波方法有^[2-3]: 邻域平均、选择平均法、中值滤波和低通滤波等。图像经邻域平均处理后, 图像中目标对象的轮廓会变得更模糊或细节特征消失。采用选择平均法滤波则可能使得关键边缘信息丢失。低通滤波时可滤掉图像中的高频部分, 虽然图像中的噪声往往处在高频段, 但是图像中的高频成分也包含了图像的轮廓和边缘等更有用的信息, 所以采用低通滤波会导致图像中重要信息的丢失。中值滤波是一种非线性滤波技术, 实质是一种邻域运算, 在实际计算中不需要图像的统计特征, 比较方便。由于中值滤波器能够在衰减随机噪声的同时不使边界模糊, 因而受到欢迎。另外, 考虑到 5×5 窗口的中值滤波器既能消除随机噪声

又不会造成图像轮廓边缘的模糊, 图像的优化质量较好, 所以这里采用 5×5 窗口的中值滤波器。

3) 图像二值化处理。对图像进行二值化处理来将光带与背景分开。进行全阈分割时, 即求出一阈值 T , 对整幅图像进行二值化处理, 对图像上凡灰度大于 T 的像素点保留, 并将其灰度值置为 1, 凡灰度小于 T 的像素点的灰度值置为 0。

在二值化处理过程中, 关键是阈值 T 的选取。计算阈值的方法一般有最小误差阈值法, 最大方差阈值法, 差分直方图法, 拉普拉斯直方图法和 P-Tile 参数算法。阈值过小, 会使图像已被弱化的噪声重新凸显出来; 阈值过大, 会导致图像像素过分离散, 可能会使图像断裂。图 3 是用亮度阈值分别为 51、77、154 二值化处理后图像。



(a) 亮度阈值为 51 的二值化图像 (b) 亮度阈值为 77 的二值化图像 (c) 亮度阈值为 154 的二值化图像
图 3 二值化处理后的图像

Fig. 3 Binary images

3.2 图像分析

图像分析即对轮廓曲线的提取。它包括边缘检测和边缘细化两个部分。边缘检测是图像分析和模式识别的重要特征提取手段。所谓边缘是指周围像素灰度阶跃变化或屋顶状变化的那些像素的集合。它存在于目标与背景、目标与目标、区域与区域、基元与基元之间。

1) 边缘检测

边缘检测技术^[4-5]是所有基于边界分割的图像分析方法的第一步, 检测出边缘的图像就可以进行特征提取和形状分析了。边缘检测借助空域微分算子, 利用卷积来实现。常用的微分算子有梯度算子和拉普拉斯算子等。梯度对应于一阶导数, 相应的梯度算子就对应于一阶导数算子。常用模板有 Sobel 和 Prewitt 算子。拉普拉斯算子是一种二阶导数算子。在图像处理过程中, 函数的拉普拉斯算子也是借助模板来实现的。但对模板有个基本要求: 模板中心为正, 其余相邻系数为负, 所有系数的和为零。常用模板有 Laplacian of a Gaussian (LoG), Canny 算子。

如图 4 所示是分别利用 Sobel, Prewitt,

LoG, Canny 边缘检测器处理同一幅已经二值化后的图像结果。

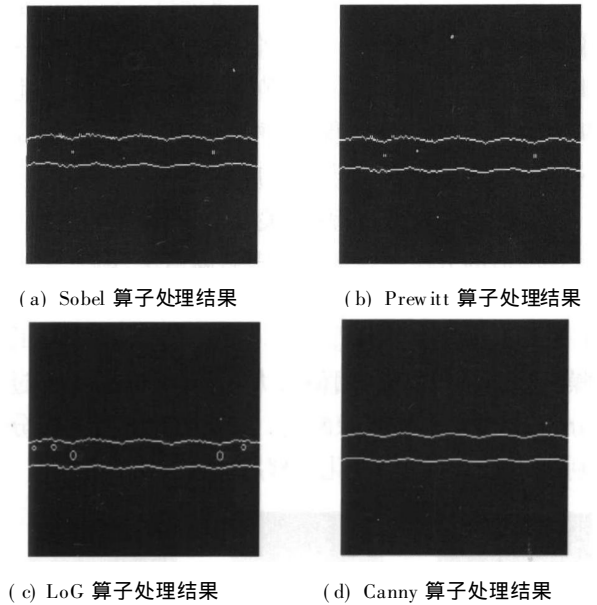


图 4 边缘检测

Fig. 4 Edge detection

由图可知, 利用 Canny 算子处理的结果较理想。

2) 边缘细化利用上述算子对图像进行边缘检测处理过后, 得到的图像为多像素宽度的轮廓曲线, 为了后续对表面粗糙度参数计算, 需进一步细化处理, 得到单像素的轮廓线条。

一个性能良好的边缘细化算法应该具有单像素宽细化结果, 保持边缘的原有信息, 计算开销小等三个特点。根据上述三点, 采用保持连通的边缘细化算法进行处理^[6]。该算法结合边缘走向趋势的估计技术以及对连通点判断的方法, 属于一种新型的边缘细化算法。如图 5 所示即为用该算法细化图 4(d) 并只取了其上边缘的结果。

图 5 提取光带细化后的上边缘轮廓线

Fig. 5 Thinning upper edge profile

由图可知它能在保持原有信息(连通和走向) 的前提下, 以较小的计算开销, 给出理想的或是可接受的单像素宽细化结果。

4 结 论

用视频化改造后的 9J 型光切显微镜, 来测量表面粗糙度时, 预先对采集到的图像进行处理是至关重要的。本文通过实验, 分析比较后得出对采集到的光带进行数字图像处理的合理步骤以及与其对应的理想算法。在图像二值化预处理中, 阈值的选取是关键, 而用 Canny 边缘检测算子得到的表面粗糙度轮廓较为理想。在图像细化当中, 利用保持连通的边缘细化算法进行处理, 得到了较理想的结果。通过一系列的图像处理工作, 为后续的表面粗糙度参数的计算奠定了良好的基础。

参 考 文 献

[1] 萧泽新. 工程光学设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.

[2] Gonzalez, Rafael C. Digital image processing using MATLAB[M]. Beijing: Pub. House of Electronics Industry., 2004. 290-301.

[3] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[4] 陈杨, 陈荣娟, 郭颖辉. MATLAB 6. X 图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.

[5] 求是科技. Visual C++ 数字图像处理典型算法及实现[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

[6] 谭郁松, 周兴铭. 保持连通的边缘细化算法[J]. 国防科技大学学报, 2004: 26 (4): 51-56.

Image Processing Based on Surface Roughness Examination Using Light Section Method

JIA Xiao-yan XIAO Ze-xin

(Institute of Opt mechatronics , Guilin U niversity of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract The measuring method of surface roughness is introduced. Digital image processing methods of surface roughness examination by using 9J microscope with the reformed video is expatiated. The more ideal surface roughness outline curve is obtained by using Canny operator to carry out edge examination and using connectivity preserved edge thinning algorithm to carry out thinning processing. It provides the basis for the parameter calculation of surface roughness.

Key words light section method; surface roughness; digital image processing; threshold; image segmentation