

阴影检验中的气流排除技术与方法

袁吕军

(中国科学院南京天文仪器研制中心, 南京 210042)

摘 要 介绍利用微机图像处理技术消除气流在天文镜面检测中的干扰, 提高天文镜面检测质量, 达到大幅度缩短天文镜面加工周期的目的。

关键词 天文镜面检测, 图像处理, 排除气流。

1 引 言

在天文镜面(特别是口径大、焦距长的高精度镜面)加工、检测中, 环境因素起到关键性的作用。气流在镜面检测中产生严重干扰, 使镜面的加工周期、加工质量受到相当程度的限制。气流的干扰已无法让加工者把握镜面加工质量。近年来, 现代计算机图像采集、图像处理技术的发展日新月异, 在相当程度上排除了气流对检测的干扰。使天文镜面检测周期大大缩短、检测精度大大提高, 镜面的加工质量得到充分的保证, 工作效率得到充分的发挥。同时, 也使得天文镜面检测的直观性得到增强。为今后的天文镜面定量检测提供了极好的技术手段。

2 多幅阴影图像采集和预处理

1) 通过计算机实现多幅阴影图像实时采集, 根据气流的实际状态, 选择图像采集速度和采集数量。图像幅数一般取为20幅~100幅。气流的特性是随机变化的, 只要其变化是等温而均匀的, 当中不参有任何变化不均匀的块状气团, 都可以通过多幅瞬间阴影图像预处理的办法, 得到比较稳定的阴影检测图像。

2) 预处理使用的数学表达式如下:

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i(x, y)$$

式中 $f(x, y)$ 为输出图像, $f_i(x, y)$ 为第 i 幅输入图像, N 为所采用的图像幅数。多幅瞬间阴影图像 $f_i(x, y)$ 经过上述预处理之后, 输出图像 $f(x, y)$ 保留了检测所需要的光学成像质量信息。但还需要进行必要的特征提取处理, 它可以使阴影仪的检测灵敏度进一步得到提高, 亦为做阴影仪的初步定量检测提供了必要的技术手段。

3 阴影图像(锐化)特征提取处理

阴影仪检测光学系统高频误差极为灵敏,有了计算机和先进的数字图像技术,对图像作多种效果处理极为方便、可靠。为了提高阴影仪的检测精度,突出检测误差,必需利用一些必要的数字手段来达到一定的处理效果。只要对图像微分就可达到图像锐化的目的。拉普拉斯算子是一种常用的锐化模型。

连续域拉普拉斯算子:
$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

为了适合于离散数字图像,需用差分代替微分。由此可得离散情况下的拉普拉斯变换:

$$\nabla^2 f(I, J) = \Delta_x^2 f(I, J) + \Delta_y^2 f(I, J) = [f(I+1, J) + f(I-1, J) + f(I, J+1) + f(I, J-1) - 4f(I, J)]$$

常用的算法是:

$$P(I, J) = IP(I, J) - \nabla^2 IP(I, J) = 5IP(I, J) - [IP(I+1, J) + IP(I-1, J) + IP(I, J+1) + IP(I, J-1)]$$

式中 $JP(I, J)$ 为输出图像, $IP(I, J)$ 为输入图像。导出离散数字图像拉普拉斯算子加权矩阵:

$$p = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$F(x, y) = \sum_{k=x-1}^{x+1} \sum_{l=y-1}^{y+1} f(k, l)p(k-x+2, l-y+2)$$

式中 $F(x, y)$ 为输出图像, $f(k, l)$ 为输入图像。图像除经上述加权矩阵 p 锐化处理外,还可通过傅里叶变换得到多种空间滤波器卷积核加权矩阵(它们类似于加权矩阵 p),从而可得到天文镜面检测所需要的各种特征图像,这将为提高天文镜面检测灵敏度提供了技术上的保证。

4 应用实例

图1、图2是口径为 $\Phi 2.16\text{ m}$ 望远镜对星实测而采集的瞬间阴影图,由于气流原因而无法分辨光学系统的成像质量。图3为25幅瞬间阴影图经过计算机软件处理后的结果图像。其局部可以分辨出镜面上有几个切带,边缘有硬塌边,另外还有一些块状误差。其整体亦可以分辨出镜面上有球差存在,镜面腰部低。由于图像采集与处理速度快,直观性强,当场经过专

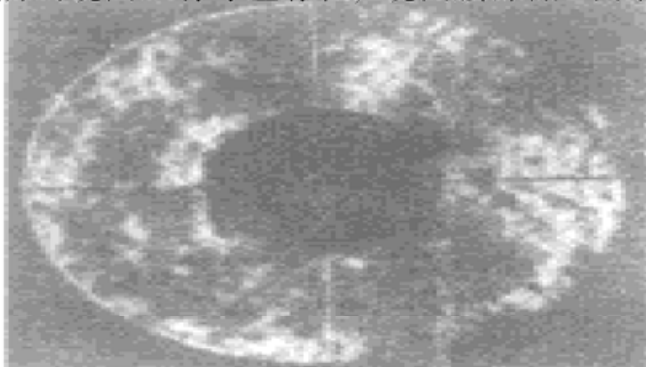


Fig. 1 Instant image

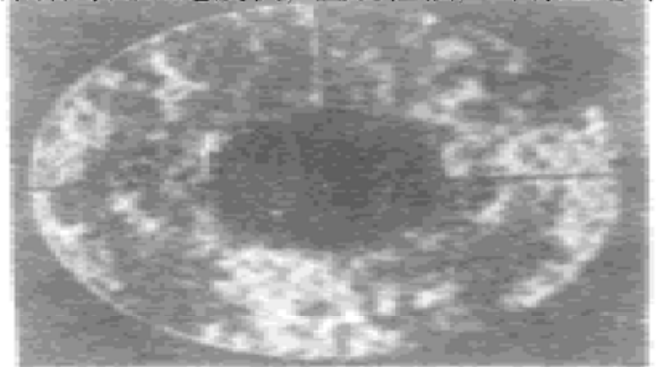


Fig. 2 Instant image

家分析得出结论是：整体球差是由于主镜周围散热不佳所致。第二天重新检测，检测前让主镜充分散热，检测结果图上没有发现整体有球差，如图4所示。同时，还发现局部块状误差与望远镜的指向有关。

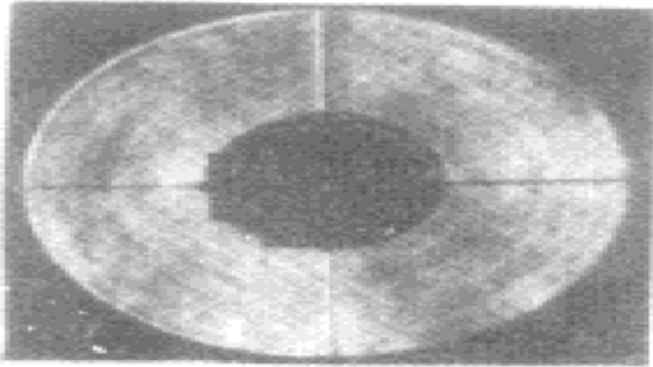


Fig. 3 Image processed

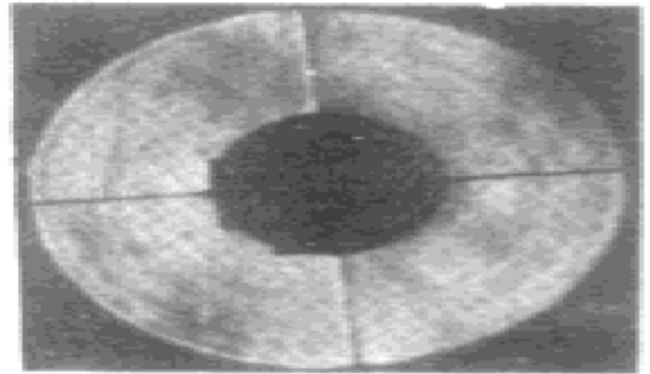


Fig. 4 Image processed

5 分析与展望

应用 CCD 图像采集、计算机图像处理技术消除气流在天文镜面检测及其光学系统检测中的干扰，从而大大提高了阴影检测的精度和速度。同时，突出了阴影检测直观性强、灵敏度高等诸多优点，为分析问题、解决问题提供了及时、客观的依据。该技术的成功应用，也为刀口阴影检验从定性走向定量打下良好的技术基础。在严格的定性图像基础上，进一步采用数字图像处理手段，将图像反映的误差作量化，实现阴影图的快速识别和镜面误差的量化再现。

感谢潘君骅研究员、崔向群研究员给予此项工作的指导、帮助和支持。衷心感谢所有关心、帮助、支持过此项工作的老师和同行们。

参 考 文 献

- [1] 周孝宽主编，实用微机图像处理. 北京：北京航空航天大学出版社，1994. 10·24~ 34

Technology and Method of Free of Airflow in Shadow Testing

Yuan Lujun

(Nanjing Astronomical Instruments Research Center, The Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210042)

(Received 1 September 1997)

Abstract The technology of using computer processing image to get rid of air disturbance in astronomy mirror surface testing is presented. With this method, the quality of astronomy mirror surface testing is improved and the polishing period is greatly shortened.

Key words astronomy mirror surface testing, processing image, get rid of airflow.