

耐久性分析中疲劳断口 CCD 图象处理技术的研究

吴大方 刘文] 陶 涛 贺小帆

(北京航空航天大学固体力学研究所, 北京, 100083)

RESEARCH ON CCD IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY OF
FATIGUE SECTION FOR STRUCTURE DURABILITY ANALYSIS

Wu Dafang, Liu Wenting, Tao Tao, He Xiaofan

(Solid Mechanics Research Center, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

摘 要 针对结构耐久性分析对模拟试件断口 (a, t) 数据判读的迫切需求, 利用计算机图象处理技术建立了一套用于疲劳断口数据采集、判读的 CCD 图象处理系统, 编制了相应的数据处理应用软件。该系统可实现疲劳断口条纹尺寸测定、区域面积积分、裂纹角度测量等功能。且具有自动化程度高、操作简单、使用方便、准确度高、图象数据可存储、打印输出与重复使用等明显优点。并已成功应用于某型飞机关键结构的耐久性评定。

关键词 疲劳断口 CCD 图象处理 结构耐久性

中图分类号 V216.3, V215.6

Abstract In order to satisfy the urgent need of reading the fatigue section data (a, t) of the test specimen for structure durability analysis, a set of CCD image processing system used to read and collect data of fatigue section is set up by utilizing computer image processing technology, and an application software of data processing is presented. By using this system, a series of functions for measuring the size of the fatigue section, integrating the area of region and determining the angle of the crack can be completed. This system has many remarkable advantages, such as high automation, simple operation, easy usage, high precision, and the image obtained can be saved, printed, or reused. It has been successfully used for evaluating the durability of the important structure for the plane of a certain type.

Key words fatigue section, CCD image processing, structure durability

采用概率断裂力学方法(PFMA)或裂纹萌生方法(CIA)^[1]进行结构耐久性分析, 必须对结构模拟试件耐久性试验的断口数据进行判读与测量, 以取得裂纹尺寸(a)、使用飞行小时数(t)的数据集。在结构件进行定寿试验产生破坏以后, 也必须通过断口判读(a, t)数据, 以反推出结构件的裂纹形成寿命。因此, 疲劳断口判读与测量技术在结构耐久性评定及定寿中具有重要的意义。以往的断口数据判读与测量大都采用工具显微镜, 利用人工加以实现, 即费时间, 又欠准确, 因此, 操作方便、测量准确的疲劳断口图象判读技术研究一直受到密切的关注。本文结合耐久性设计与分析技术研究预研及型号应用, 采用 CCD 图象处理技术^[2]与计算机技术相结合, 研制了一套自动化程度高、操作简便、测量准确的疲劳断口数据采集 CCD 图象处理系统。本系统已在某型飞机关键结构的耐久性评定工作中使用, 并取得

了良好的实际应用效果。

1 CCD 图象采集处理系统的基本构成

本系统使用高倍数显微镜将疲劳断口的形态转换成光学图象, 由于光学部分采用放大倍数为20~400倍的连续可调变倍显微镜, 使局部微小图象与大视野图象均能很清晰地观察到。光电转换部分使用 MTV-1802, 600线 CCD 摄象头, 将光学信号转变为电信号。该摄象头的灵敏度与分辨率都很高, 其最小敏感照度达0.02Lux, 并且带有适配器, 能够在很暗的光照条件下拍摄到清晰的静态或动态图象。图象采集卡为基于 PCI 总线结构的 CA-CPE-1000卡, 显示采集分辨率为768×576, 256级灰度。有单帧、连续帧、间隔帧等多种工作方式, 可对静止图象或动态图象进行采集与存储。图1是本图象采集处理系统的结构框图。图2是本计算机 CCD 图象采集处理系统的照片。

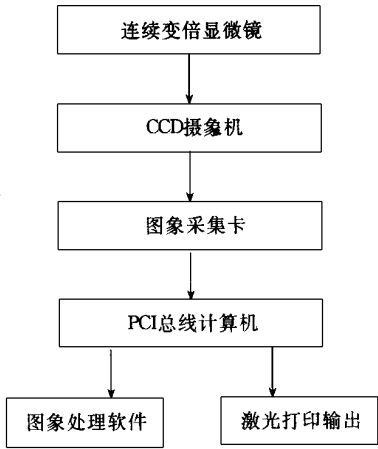


图1 图象采集处理系统的结构框图

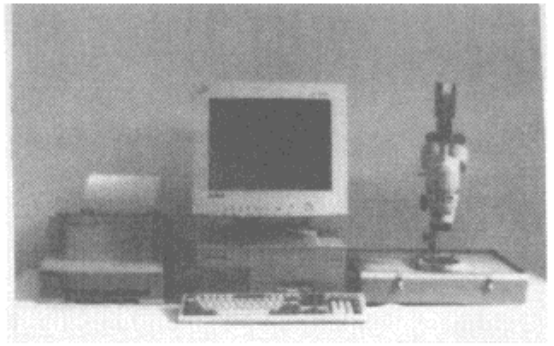


图2 计算机图象采集处理系统照片

系统的工作过程为: 使用变倍显微镜将断口信息转化为光学图象。再通过 CCD 摄象机和图象采集卡进行光电转换。将电信号送入微机, 在计算机屏幕上显示 CCD 图象点阵信息。使用自己编制的图象处理软件, 进行断口条纹尺寸测定、区域面积积分、裂纹断口张开角测量等工作。并能用激光打印机将测量数据及 CCD 图象打印输出。编程使用 C 语言, 即可在 DOS 环境下使用, 也可在 WINDOWS3.2和 WINDOWS95环境下使用。

2 疲劳断口数据的判读与测量

首先调整好光源照射角度与连续变倍显微镜的放大倍数及焦距, 使得断口平面的判读区域通过 CCD 摄象头和图象采集卡、最大限度地显示在计算机的屏幕上。同时将图象信号记录在存储器内。当疲劳断口条纹的清晰度不够时, 通过自编程序使 CCD 图象条纹锐化, 以便于判读。为了能在屏幕图象上测量出断口条纹的实际尺寸, 试件表面上应有长度基准标尺。根据云纹栅距准确, 且可方便地得到多种不同密度栅距的特点, 利用云纹栅做成基准标尺, 置于断口同一平面上。当图象采集系统记录断口图象时基准标尺也被拍摄在同一幅图象中。

使用断口数据判读与测量程序时, 屏幕图象上设计了一对如图3所示的用鼠标可在 X

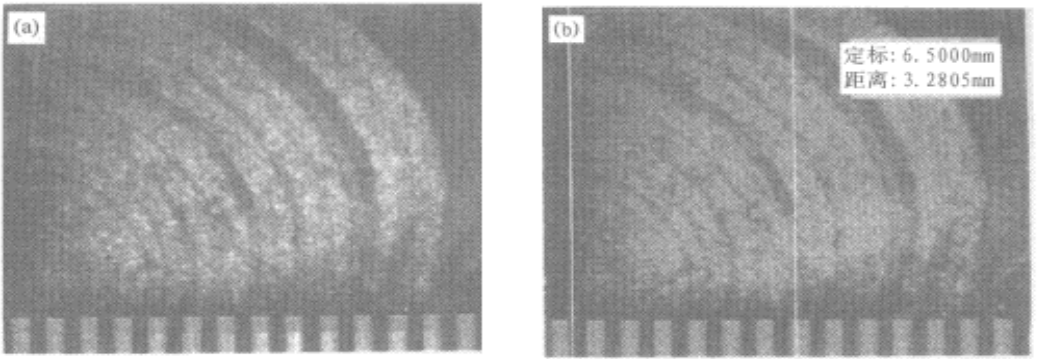


图3 CCD 图象中的断口条纹间距测量
(a) 断口的 CCD 图象;(b) 条纹参数测量

方向或与 Y 方向相对自由拖动的标尺线(图3),调整标尺线的位置,并数出两根标尺线间云纹栅线的条数,再乘以云纹栅的栅线密度,即可得到图象上两标尺间的实际宽度,完成定标工作。因为,此时两标尺线在 CCD 面阵上的相对位置已知,就能够计数出两标尺线间 CCD 像素的个数。用两标尺间的实际宽度除以两标尺线间 CCD 像素的个数,可以得到两标尺线间 CCD 像素与像素之间所代表的实际长度 d 。有了以上的基准,下一步再在屏幕上任意移动标尺距离时,只需计算出两标尺间 CCD 像素的个数,乘以像素间距 d ,即可得到两根标尺线之间所代表实际长度。由于 CCD 面阵上的像素单元在 X 方向与 Y 方向上是等距排列的,所以只要进行一次定标工作,就可以通过改变标尺线的方向,测量 X 方向或 Y 方向的距离。断口条纹间距测量的流程图如图4所示。

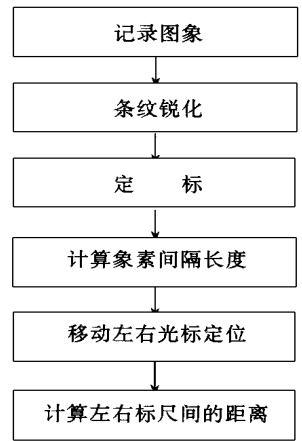


图4 断口条纹间距测量流程图

3 局部面积的测量

在记录下断面图象之后,先使用云纹栅标尺定标。然后移动鼠标在屏幕上画出积分边界,形成一封闭的区域。在积分区内任一点用鼠标定位。使用图象处理技术中的生长法,统计出区域内所含像素的总个数。并对区域内全部像素进行累加求和。得到区域内的面积值。面积测量的流程图如图5所示。图6给出了面积积分的 CCD 图象。

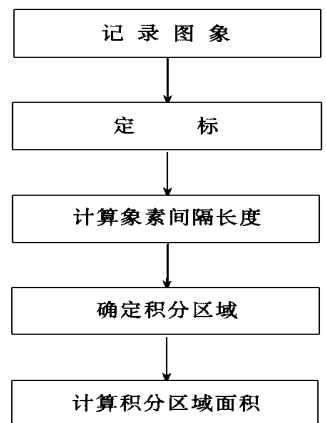


图5 面积测量流程图

4 应用实例

用本文提供的疲劳断口数据采集 CCD 图象处理技术对某型歼击机机翼主梁模拟试件谱载下耐久性试验断口进行了判读,其结果已应用于该机种机翼主梁的耐久性评定。现

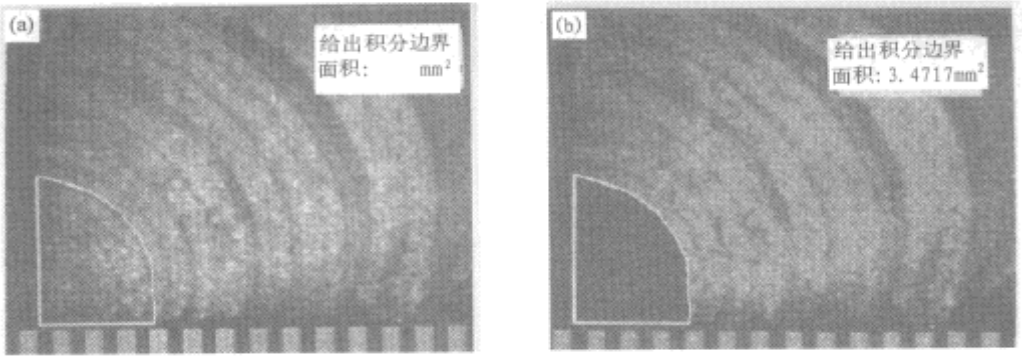


图6 CCD 图象中的面积测量

(a) 被测图象; (b) 积分结果

将一种应力水平下两块试件的 (a, t) 数据集列入表 1。图 7 为相应的 a-t 曲线图。通过以上应用结果证明, 本疲劳断口数据采集 CCD 图象处理系统操作简单、使用方便、断口数据判读准确, 用激光打印机可输出清晰的断口图象。本系统对结构耐久性试验中疲劳断口数据的判读与测量有很大的实际应用价值。

表1 疲劳断口(a, t) 数据

No. 1		No. 2	
a/mm	t/飞行小时	a/mm	t/飞行小时
0.33	4195	0.38	8563
0.40	4559	0.47	8927
0.49	4923	0.57	9291
0.59	5287	0.68	9655
0.70	5651	0.80	10019
0.82	6015	0.94	10383
0.96	6379	1.10	10747
1.14	6743	1.28	11111
1.33	7107	1.50	11475
1.70	7471	1.75	11839
2.28	7835	2.04	12203
3.47	8199	2.39	12567
4.87	8563	2.86	12931
		3.83	13295
		6.06	13659

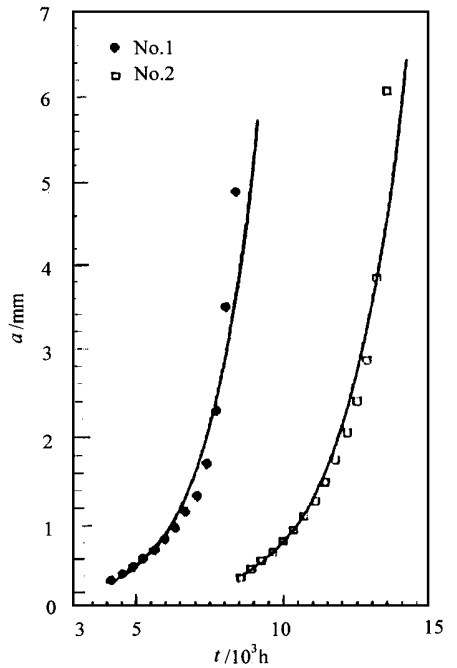


图7 疲劳断口 a-t 图

参 考 文 献

- 1 军用飞机耐久性设计手册. 北京: 中国航空研究院, 1994. 30~43.
- 2 秦积荣. 光电检测原理及应用. 北京: 国防工业出版社. 1985. 51~87.