

CCD 在材料形变测量中的应用

耿涛 强锡富 张博明

(哈尔滨工业大学 自动化测试及控制系, 哈尔滨 150001)

摘要 本文介绍了应用 CCD 摄像机测量高温下碳/碳复合材料试件形变的工作原理。该系统采用了视觉测量的方法, 具有数据实时采集、参数动态调整、测量精度高等特点。重点分析了测量系统的设计思路, 给出了实验结果曲线。

关键词 CCD 形变测量 数字图像处理 边缘检测

一、引言

20 世纪 80 年代以来, 碳纤维及其复合材料作为先进的结构、功能材料, 不仅正在取代或部分取代金属材料及非金属材料, 而且还使过去无法解决的许多技术关键问题得以解决。碳/碳复合材料除了承受超高温之外, 还要承受高速气流、瞬态高速粒子流冲刷、高压等多种苛刻工况的耦合作用, 在复杂环境下, 碳/碳复合材料的宏、微观性能将发生什么变化, 微结构如何演化, 这些过程将对结构的强度、安全性产生什么影响, 是工程设计人员关心的重要问题。因此, 对高温载荷下复合材料变形规律的测量就变的非常关键了。为了解决这一工程实际问题, 我们选用了视觉坐标测量的方法。

二、系统的工作原理及设计

1. 系统的基本工作原理

形变检测系统原理如图 1 所示, 被测试件为碳/碳复合材料, 试件被插入的合作目标为铼钨丝。当碳/碳试件被加热到 $1500^{\circ}\text{C} \sim 2500^{\circ}\text{C}$ 时, 由于复合材料试件本身热致发光, 铼钨丝被照亮, 通过光学成像系统, 两台 CCD 摄像机分别采集到铼钨丝的亮条纹图像。这时对试件加载, 直至拉断。碳/碳复合材料试件在高温加载下的形变即反映到合作目标铼钨丝的移动上, 而铼钨丝的移动情况被 CCD 摄像机所实时记录并采集到计算机的内存中。对这些连续图像通过图像处理, 准确提取边缘, 把边缘当点作特征点, 实时监控特征点的移动。把特征点的移动数值进行当量换算后, 得到碳/碳试件的形变参数, 从而

达到对碳/碳复合材料在高温下的力学性能进行分析的目的。

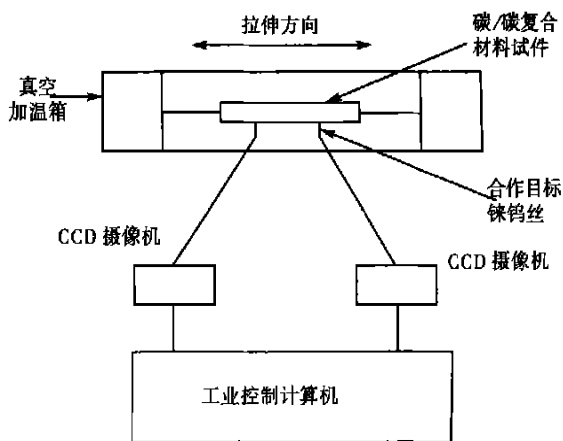


图 1

2. 系统构成

(1) 光学成像系统: 由光学透镜组、光栏、偏振片、中心波长为 $0.632\mu\text{m}$ 的窄带滤波片组成, 加入窄带滤波片的目的是为了消除大量红外线对 CCD 摄像机的影响。

(2) CCD 摄像机: 该器件采用索尼公司生产的 BP-330 数码摄像机, 该摄像机具有 752 个水平像素、582 个垂直像素, $8.466 \times 10^{-3}\text{m}$ 行间变换。

(3) 机械空间调整机构: 包括激光瞄准机构、横向位移调整机构、纵向位移调整机构、物象位置调整机构。

(4) 图像视频信号计算机处理系统: 图像采集卡选用 PCR-XR 视频采集卡。系统机选用工业控制计算机。配套软件采用自行开发的专用视频图像采集处理程序。

3. 光路设计

测量系统中试件上的合作目标铼钨丝是通过碳/碳复合材料试件高温下热致发光所照亮的,故成像质量的好坏将决定着系统的检测精度。为了获得较好的成像质量,我们采用了物镜聚焦方式,用双胶合透镜以减小或消除可能产生的像差。为了保证精度,选用定焦镜头,景深范围小,成像系统的放大倍数保持不变,使像平面与 CCD 光敏面很好地重合。同时在像方焦点设置孔径光栏,实现物方远心光路。由于视野很小,为了快速使合作目标落入视野中,我们在镜头筒外壁设计了一套激光瞄准机构。

4. 计算机图像处理系统的实现

为了从采集到的图像中实时提取形变信息,我们基于 C 语言编制了一套图像计算软件,首先,为了保证对连续图像实时处理,把从加载到拉断 3s 内的图像直接采集到主内存中去。其次,视频信号经中值滤波后,应用索贝尔算子 5×5 模板求出灰度梯度图。然后通过多项式插值进行细分,求出其二阶零交叉点,精确提取其边缘。最后,通过当量转换把 CCD 摄像机内坐标系转换成世界坐标系,求出复合材料试件形变值。

三、实验结果与分析

1. 实验结果

图 2 是利用在拉伸机械的主传动轴上附加位移传感的传统方法测得的应变-时间曲线。图 3 是 C/C 复合材料试件加热到 2000°C 时用本文方法测得的时间-形变实测曲线。图 4 是 C/W 复合材料试件加热到 2000°C 时测得的时间-形变实测曲线。图 2 实测的形变值比用本文方法测量的形变值大,这是因为夹具和试件之间存在滑移,位移传感器把这个滑移量也当作试件的变形,从而引入了测量误差。

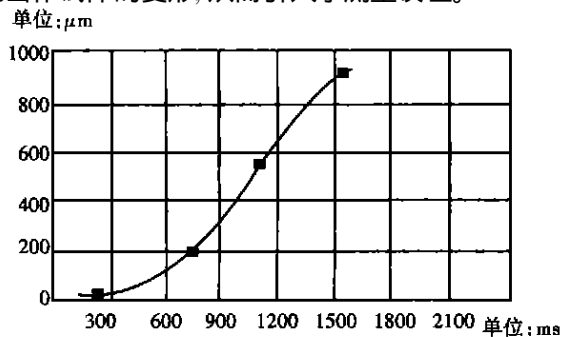


图 2

由图 3、图 4 我们可以清楚地看出碳/碳复合材料试件和碳/钨复合材料试件从开始加载到被拉断持续形变的全过程。刚开始是予紧段,材料并没有被加载,无变形。然后是加载段,复合材料试件的变形开始逐渐加大,达到峰值。最后是断裂段,复合材料试件被拉断,图像上已无合作目标铼钨丝形成的亮条纹。在时间-形变曲线上体现为无规律的抖动。根据复合材料试件的时间-形变实测数据,由于载荷-时间变化规律事先已知,从而我们可以计算出材料弹性模量值。

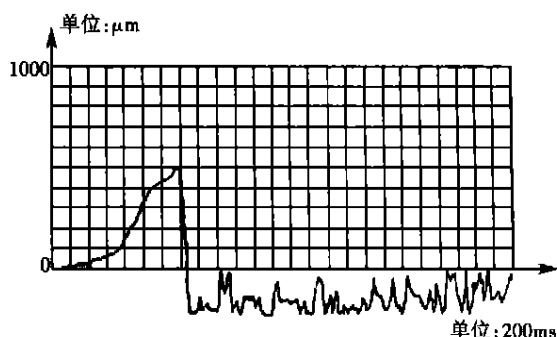


图 3

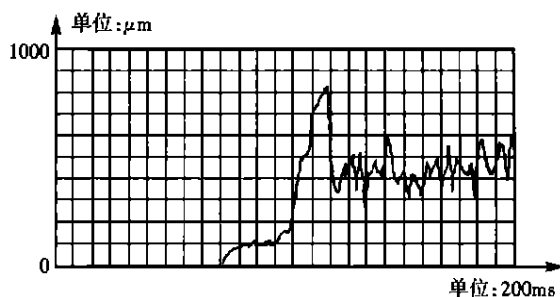


图 4

2. 误差分析

本系统测量误差的影响因素主要有:在实际测量中合作目标铼钨丝直径比较小,被测试件受载变形时,铼钨丝是运动的,当铼钨丝沿垂直运动方向有摆动,则测量的工作距离发生变化,导致透镜系统的放大倍率的改变,放大倍率的误差引起测量误差,为减少由垂直运动方向摆动引起的误差,要求机械系统在垂直方向有一定的减振措施,光学系统中采用物方远心光路系统。同时存在合作目标铼钨丝沿运动方向的振动,使被测件轮廓在 CCD 上成像的清晰度发生变化,导致 CCD 输出信号波形在轮廓边缘处

有一渐缓的过渡区,这种清晰度随着轮廓界线在视场中的不同位置也会有所不同,这种渐缓的过渡区在确定被测件的轮廓位置或明暗区界线的位置时,便产生较大的误差,解决措施是在程序设计中二值化处理采用动态阈值,以提高系统的抗干扰能力。

四、结论

本测量系统是针对检测碳/碳复合材料高温下的力学性能,分析碳/碳复合材料的应力应变关系所设计的。形变测量精度达到了微米级,最大量程达到2mm,可达到实时测量(25帧/秒)要求,处理1幅图像的时间约为200ms。经过现场运行表明,应用

基于图像处理方法的视觉非接触坐标测量,方法是可行的,满足了工程上的实际需要。本测量系统为非接触视觉测量,适合对高比强、高比模和耐高温特殊材料的热模拟力学性能进行测试。

参考文献

- [1] 刘宏波等. CCD 尺寸检测装置中采用远心光路的实验分析. 长春光学精密机械学院学报, 1991. 14
- [2] 苑玮琦, 王建军, 张宏勋. 一种基于梯度极值的边缘检测算法, 信息与控制, 1997 年 4 月, 第 26 卷第 2 期
- [3] 金杰, 徐锡林. 提高 CCD 分辨率的一种尝试. 现代计量测试, 1997 年第 3 期。
- [4] 王庆有. CCD 应用技术. 天津: 天津大学出版社, 1993

1011B 卧式凸轮轴检查仪

李淑英 崔鸿烈 李文义

(哈尔滨量具刀具厂量仪研究所, 哈尔滨 150040)

卧式凸轮轴检查仪是为了使我厂凸轮检查仪的品种更加齐全, 以满足用户对低价位凸轮轴检查仪的需求而设计的。该仪器主要用于凸轮轴的各桃形的形面误差, 各桃形之间的相位误差, 各轴径的径向跳动及凸轮加速度曲线的测量。特别适合于摩托车、汽车等中小规格凸轮的检验。该产品结构合理、经济实用。

凸轮轴装在主轴和尾座顶尖之间, 并通过带动物与主轴连接。电机通过齿形带驱动主轴, 并经联轴节带动编码器一起旋转实现角度测量。长度测量采用数显阿贝头完成。当主轴转动时, 角度编码器发讯, 对数显阿贝头进行采样, 通过计算机数据处理后, 再显示输出或打印输出。

二、仪器结构

一、仪器工作原理

卧式凸轮轴检查仪工作原理如图 1 所示。

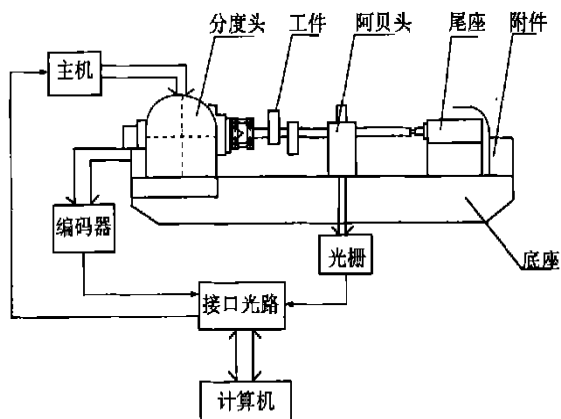


图 1

卧式凸轮轴检查仪的总体结构如图 2 所示。

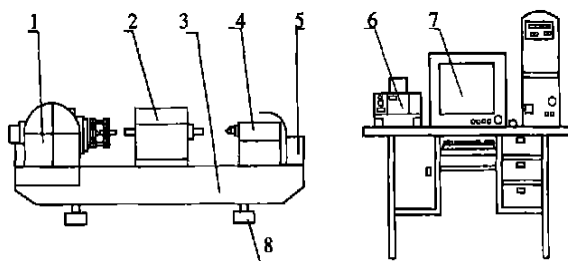


图 2

1. 分度头部件

主轴上固定着齿形带轮, 并通过精密联轴节与角度编码器连接, 可精确测量主轴转角。电机通过齿形带带动主轴旋转。主轴为密珠轴系, 且前组为 1:10 锥孔, 通过调整轴向锁紧螺母可调整轴系的过