

Application of Digital Image Processing Technology in Measuring Elastic Modulus of Wire

Wenqin Chang, Jie Zhang, Qiong Zhang, Jingfeng Wang*

Inner Mongolia University of Technology, Hohhot Inner Mongolia
Email: *2597374824@qq.com

Received: May 29th, 2019; accepted: Jun. 10th, 2019; published: Jun. 17th, 2019

Abstract

Elastic modulus is a physical quantity which describes the resistance of solid materials to deformation. Based on the traditional stretching method, and combined with the popular image processing technology, by using MATLAB data processing, this experiment designs and implements a digital image processing based on the micro-displacement measurement of elastic modulus measurement system.

Keywords

Modulus of Elasticity

数字图像处理技术在金属丝弹性模量测量实验中的应用

常文钦, 张 杰, 张 琼, 王景峰*

内蒙古工业大学, 内蒙古 呼和浩特
Email: *2597374824@qq.com

收稿日期: 2019年5月29日; 录用日期: 2019年6月10日; 发布日期: 2019年6月17日

摘 要

弹性模量是描述固体材料抵抗形变的物理量, 是工程建设选定材料的重要依据之一。本实验是在传统拉

*通讯作者。

伸法的基础上,与当下流行的图像处理技术相结合,利用MATLAB数据处理,设计实现了一套基于数字图像处理的微位移测量法测弹性模量系统。

关键词

弹性模量

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当下大学物理实验室大多以光杠杆法或 CCD 法来测量金属丝弹性模量,该类方法过程较为单一,对学生的实验操作能力有着一定的要求,且测量误差较大,针对此类局限性,我们设计了一套综合性较高的实验流程,将传统的物理实验与计算机技术结合精准测量弹性模量,更为贴切大学校园培养综合性全面型人才的教學方案。

2. 实验方案

本实验用 L 表示钢丝的长, A 为横截面积,在两端施加拉力 F 后,设其伸长量为 n ,则应力为 F/A ,应变为 n/L ,弹性模量表示为:

$$E = \frac{F/A}{n/L} = \frac{4mgL}{\pi d^2 n}$$

其中 m 为砝码质量, g 为重力加速度, d 为金属丝直径。设计测量装置如下图 1 所示,选用尼康 D7000 单反相机拍摄照片,并采用数字图像处理方法简化 n 值的测量。考虑到只拍摄金属丝,难以精确识别金属丝伸长量变化的值,所以提出利用 CAD 软件设计一种标识物,仅由黑白两色构成,其中黑色部分的宽度为 2 mm,两黑色缝隙之间白色宽度为 0.3 mm,将设计好的标识物打印在感光较好的相纸上,贴于金属夹具,通过拍摄标志物来放大位移过程的新方案,标识物如图 2 所示。在调整好相机的进光与焦距等问题后,逐个添加砝码,每加一个 50 g 砝码,拍摄一张照片,依次增加 10 个砝码后,将拍摄的照片导入电脑,利用 MATLAB 做后续数据图像处理。

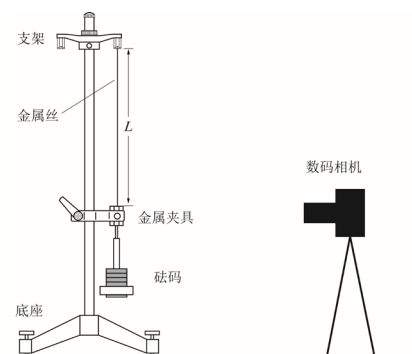


Figure 1. Schematic diagram of the experimental device

图 1. 实验装置示意图

2.0-0.3



Figure 2. Schematic diagram of markers

图 2. 标识物示意图

3. 数据处理

照片导入电脑格式为 RGB，通过 MATLAB 软件转换成灰度图。将灰度图分为 $m \times n$ 个的区域，每个区域为不同灰度的像素点，像素点所在的位置都有与其相对应的灰度值，这样将照片转换为一个二维的数值矩阵可以用二维离散函数 $F(x, y)$ 表示，公式为[1]

$$F = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,n-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,n-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(m-1,0) & f(m-1,1) & \dots & f(m-1,n-1) \end{bmatrix}$$

其中 (x, y) 分别代表矩阵的行和列，不同的灰度值代表的不同的图像信息，图像中黑色到白色分为 256 个等级。为了减小拍摄中产生的误差因素对数据的影响，对灰度图选取一个较为合适的阈值二值化。函数处理后图像呈现出明显的黑白两色，黑色部分数值为 1，白色部分数值为 0，利用求和函数对 F 矩阵进行求和，得到矩阵行值与像素点关系如下图 3 所示。考虑到标识物黑色部分左右两边都有白色边缘干扰实验数据，所以取 F 矩阵行求和后数值大于 200 的位置，排除了边缘白色对 F 矩阵的影响，同时找到了所有黑色部分上边界 m_1 和下边界 m_2 所在 F 矩阵中的位置。

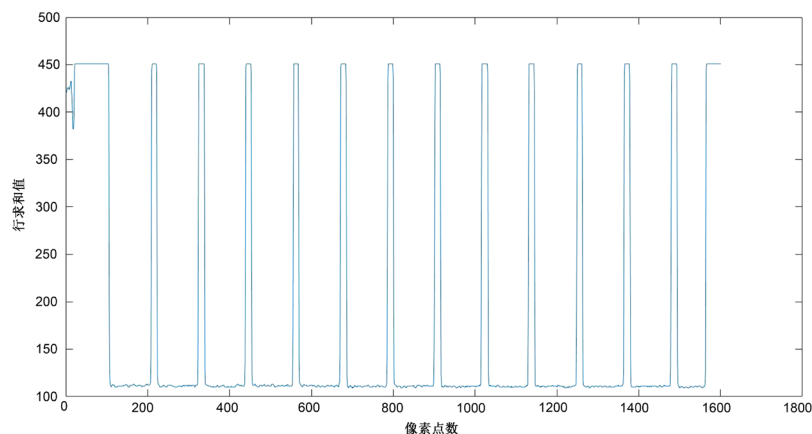


Figure 3. Schematic diagram of the relationship between matrix row values and pixel points

图 3. 矩阵行值与像素点关系示意图

每一个黑色部分的上下边界都可以作为一条刻线，这可以实现一次得到多组数据的目的，同时求取平均数，减小误差。金属丝在弹性限度范围内满足胡克定律，即增加一个 50 g 砝码，金属丝伸长量变化 $(m_1 - m_2)$ 个像素点，数值为 ΔL 。为了将位移的单位从像素转换为毫米，本实验利用黑色和白色部分在图像中的像素尺寸比例关系，可实现像素转换为毫米[2]：根据图像处理后的数据可以得出黑色部分的宽所占的像素点数，进而可以求出两个像素点间所占的实际距离 S ，公式为：

$$S = \frac{2mm}{size(\text{一个黑色部分的宽所占像素点数})}$$

标识物上一个黑色部分的宽度所占用的 99 个像素点数，所以得出 S 值为 $2.020E-05$ mm。

每次增加砝码金属丝伸长变化的像素差 ΔL 乘以实际距离 S 可得出每次金属丝的实际伸长量 $L1$ ，公式如下：

$$L1 = S \times \Delta L$$

对所得出 $L1$ 的值利用累加函数进行累加，利用函数找出方程的斜率就是微小伸长量 n 。实验中我们将每次增加砝码金属丝伸长像素点数 ΔL 与实际伸长量 $L1$ 整理成表 1 所示。

Table 1. Wire extension pixel count (ΔL) and actual elongation ($L1$)

表 1. 金属丝伸长像素点数(ΔL)与实际伸长量($L1$)

$L1$	-7.770E-07	-2.176E-05	4.429E-05	1.803E-04	-1.057E-04	3.388E-04	-1.919E-04	-1.911E-04	3.955E-04	2.727E-04
ΔL	-3.846E-02	-1.077E+00	2.192E+00	8.923E+00	-5.231E+00	1.677E+01	-9.500E+00	-9.462E+00	1.958E+01	1.350E+01

理论上每增加一个砝码后金属丝伸长一定的长度，但是由于测量误差的原因，本实验采用最小二乘法对表 1 的数据进行拟合，拟合结果如图 4 所示，图中所示的斜率为最小伸长量 n 其值为 $6.614E-05$ mm。

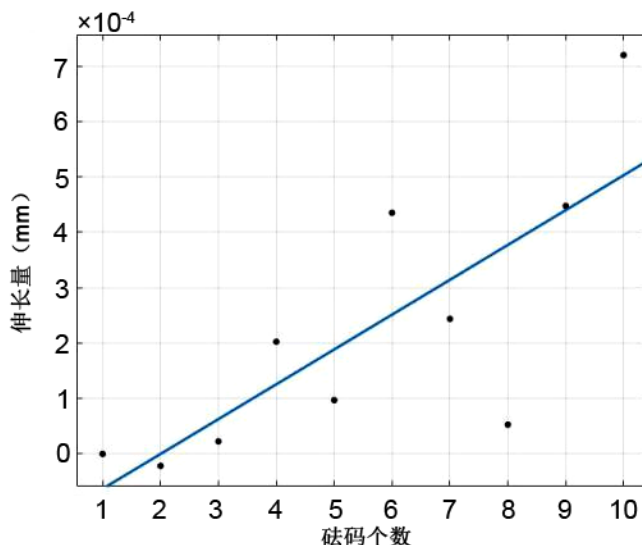


Figure 4. Schematic diagram of data fitting results

图 4. 数据拟合结果示意图

本实验所用钢丝长 $L = 0.86$ m，直径 $d = 2$ mm，测得钢丝弹性模量 E 的值为 $2.029E+11$ N/m³，与给定的钢丝弹性模量 $E = 2 \times 10^{11}$ N/m³ 的相对误差为 1.45%。实验的误差主要来源于拍摄过程，其误差远小于光杠杆等测量方法。该测量方法从整体上提高尽量实验效率，且具有一定的实用性。

4. 结语

最近几年, 数字图像处理技术越发广泛的应用在许多新的领域中, 而基于 MATLAB 数字图像处理技术的性能完善, 可以对照片实行精准的数字化处理, 使原本繁琐的数学计算得以简化。该方法是一种非接触式的测量方法, 避免了人为原因带来的误差, 更适用于大学物理实验室, 因其操作简便, 测量精度较高, 测量过程中涉及的知识辐射面更广, 能使学生综合素质有着一定的提高。

基金项目

内蒙古自治区级大学生创新创业训练计划项目(201810128009)。

参考文献

- [1] 杨欣欣, 应黎坪, 彭一江. 基于数字图像处理技术的再生混凝土数值模拟[J]. 河北工业科技, 2018(5): 1-6.
- [2] 单宝华, 霍晓洋, 刘洋. 基于 MATLAB 的 DIC 方法位移测量教学实验研究[J]. 实验室科学, 2016, 19(2): 43-45+49.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7567, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: app@hanspub.org