

文章编号: 1007-2934(2014)04-0110-03

Matlab 软件和逐差法在拉伸法测量 杨氏模量中的应用

赵星晨, 李雪梅, 夏雪琴

(浙江海洋学院, 浙江 舟山 316000)

摘 要: 拉伸法可以测量金属丝的杨氏模量, 本文使用逐差法处理实验数据以减小实验中的随机误差和仪器误差。实验中测量的物理量较多, 人工处理数据比较繁琐, 且容易出错。因此, 本文使用 Matlab 软件和逐差法处理数据。把测量的实验数据和仪器不确定度输入 Excel 表格中, 然后把 excel 文件引入到 Matlab 软件中, 运行逐差法计算的程序后可以直接得到金属丝的杨氏模量, 以及测量的百分差和相对不确定度, 处理过程快捷精确。

关 键 词: 杨氏模量; 拉伸法; Matlab 软件; Excel 软件

中图分类号: O369

文献标志码: A

杨氏模量(Young's modulus)表征了弹性限度内材料抗拉或抗压的物理量, 是材料的纵向弹性模量, 表征了材料重要的力学性质。杨氏模量的测定对众多领域有着重要的意义, 例如金属材料、光纤材料、半导体、纳米材料以及机械零部件的设计等。拉伸法是测定金属丝弹性模量的传统方法, 本文使用逐差法和 Matlab 软件处理实验数据。逐差法可以提高实验数据的利用率, 减小随机误差的影响, 另外也可以减小仪器的系统误差。手工处理数据比较繁琐, 逐差法处理实验数据时使用 Matlab 软件, 可以迅速准确地得到计算结果。

积 S 金属丝的长度可以直接使用米尺测量。直接测量金属丝微小的长度变化比较困难, 因此使用光杠杆方法来测量, 原理图见图 1。

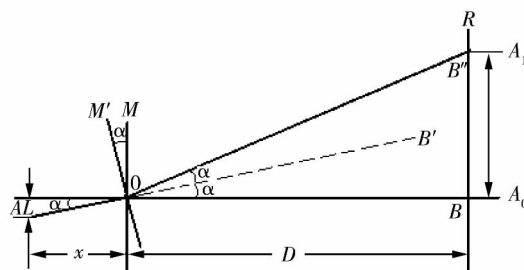


图 1 光杠杆原理图

如图 1 有:

$$\begin{cases} \frac{\Delta L}{x} = \tan \alpha \approx \alpha \\ \frac{A_1 - A_0}{D} = 2\alpha \end{cases} \quad (2)$$

从而得到:

$$\Delta L = \frac{x}{2D} \cdot (A_1 - A_0) \quad (3)$$

那么金属丝的杨氏模量可以表示为:

$$Y = \frac{8FLD}{\pi d^2 x (A_1 - A_0)} \quad (4)$$

逐差法是数据处理中的一种常用方法, 一般需要满足两个条件: (1) 函数具有 $y = kx + b$ 的线性

1 拉伸法测金属丝杨氏模量的原理^[1,2]

在外力作用下, 固体材料所发生的形状变化称为形变。最简单的形变是金属丝受到外力后的伸长和缩短。金属丝长 L , 截面积为 S , 沿长度方向施加大小为 F 的力, 物体的伸长 ΔL , 则在金属丝的弹性限度内, 有:

$$Y = \frac{FL}{S \Delta L} \quad (1)$$

其中 Y 称为杨氏弹性模量。实验中使用螺旋测微器测量金属丝的直径 d , 从而得到金属丝的横截面

收稿日期: 2014-05-06

基金项目: 浙江海洋学院科研启动经费资助(23025010113)

或多项式形式; (2) 自变量是等间距变化。本实验采用逐差法处理实验数据, 可以减小随机误差和仪器的误差。

2 用 Matlab 软件和逐差法处理实验数据的探究

2.1 数据记录表

表 1 加砝码和减砝码时标尺的读数

i	m_i (kg)	加砝码 A_i ($\times 10^{-2}$ m)	减砝码 A_i' ($\times 10^{-2}$ m)
0	0.000	0.00	0.10
1	1.000	1.52	1.70
2	2.000	3.40	3.25
3	3.000	4.89	4.88
4	4.000	6.52	6.41
5	5.000	8.10	8.06
6	6.000	9.71	9.68
7	7.000	11.28	11.28

表 3 仪器测量数据

i	m_i (kg)	加砝码 A_i (10^{-2} m)	减砝码 A_i' (10^{-2} m)	直径 d A_i' (10^{-2} m)	D (10^{-3} m)	L 10^{-2} m	x 10^{-2} m	第三列开始: 每列最后一行是仪器的测量不确定度
0	0	0	0.1	0.502	185.2	123	7.21	
1	1	1.52	1.7	0.51	0.05	0.05	0.002	
2	2	3.4	3.25	0.5				
3	3	4.89	4.88	0.5				
4	4	6.52	6.41	0.509				
5	5	8.1	8.06	0.5				
6	6	9.71	9.68	0.5				
7	7	11.28	11.28	0.498				
		0.05	0.05	0.498				
				0.498				
				0.499				
				0.499				
				0.005				

(2) 编写了逐差法处理杨氏模量实验的 Matlab 程序, 且对编写的程序进行了描绘和说明, 说明语句以 % 开头。具体内容是:

```
#####
% 以 a 开头的变量是对应的平均值, 以 d 开头的变量是对应的
% 的不确定度。例如: d 矩阵是金属丝直径, a_d 是 d 的平均值, d_d
% 是 d 的不确定度
A = xlsread('C:\yang.xls');
Ai0 = A(:, 3); Aii0 = A(:, 4); d0 = A(:, 5); D0 = A(:, 6);
L0 = A(:, 7); x0 = A(:, 8); j = 1;
% 加砝码时标尺读数和仪器不确定度
for j = 1: length(Ai0)
    if isnan(d0(j)) break; else d1(j, 1) = d0(j); end
end
% 减砝码时标尺读数和仪器不确定度
for j = 1: length(Aii0)
    if isnan(Aii0(j)) break; else Aii(j, 1) = Aii0(j); end
end
```

表 2 金属丝直径和其他长度测量结果

直径	未加载($\times 10^{-3}$ m)	加满负载($\times 10^{-3}$ m)
$d_{\text{上}}$	0.502	0.500
$d_{\text{中}}$	0.510	0.509
$d_{\text{下}}$	0.500	0.500
D	$(185.20 \pm 0.05) \times 10^{-2}$ m	
L	$(123.00 \pm 0.05) \times 10^{-2}$ m	
x	$(7.110 \pm 0.002) \times 10^{-2}$ m	

2.2 Matlab 软件和逐差法的具体计算程序和计算结果

(1) 把多次测量的实验数据和仪器测量不确定度记录在 Excel 表格中, 保存数据的 Excel 文件名是: yang.xls 与 Matlab 软件的计算文件放在同一个目录中(C 盘根目录中)。yang.xls 文件中的具体内容, 见表 3。

```
% 金属丝直径和仪器不确定度
for j = 1: length(d0)
    if isnan(d0(j)) break; else d1(j, 1) = d0(j); end
end
% 光杠杆到标尺距离和仪器不确定度
for j = 1: length(D0)
    if isnan(D0(j)) break; else D(j, 1) = D0(j); end
end
% 金属丝长度和仪器不确定度
for j = 1: length(L0)
    if isnan(L0(j)) break; else L(j, 1) = L0(j); end
end
% 金属丝到光杠杆距离和仪器不确定度
for j = 1: length(x0)
    if isnan(x0(j)) break; else x(j, 1) = x0(j); end
end
clear Ai0; clear Aii0; clear d0; clear D0; clear L0; clear x0;
n1 = length(Ai); n2 = length(d1);
% 加砝码和减砝码时标尺读数平均值
for j = 1: length(Ai) - 1
```

```

    av(j,1) = ( Aii(j,1) + Ai(j,1) ) / 2;
end
n = ( length( Ai) -1 ) / 2;
% 使用逐差法求加 4 个砝码时的标尺读数的变化
for j = 1:1:n
    jian(j,1) = av(j + n,1) - av(j,1);
end
% 读数变化的平均值和样本的标准偏差
a_jian = mean( jian); d_jian = ( ( Ai( n1) ^2 + Aii( n1) ^2 ) / 2 +
std( jian) ^2) ^0.5;
% 金属丝直径平均值和样本的标准偏差
for j = 1:1:n2-1
    d(j,1) = d1(j,1); end
a_d = mean( d); d_d = ( std( d) ^2 + d1( n2) ^2) ^0.5;
% 金属丝杨氏模量
Y = 8* 4* 9. 8* D( 1) /100* L( 1) /100/pi/( ( a_d/1000) ^
2) /( x( 1) /100) /( a_jian/100);
% 杨氏模量的绝对不确定度
d_Y = ( ( d_jian/a_jian) ^2 + ( D( 2) /D( 1) ) ^2 + ( L( 2) /L
( 1) ) ^2 + ( x( 2) /x( 1) ) ^2 + ( 2* d_d/a_d) ^2) ^0.5* Y;
% 杨氏模量的相对不确定度
xiangduid_Y = d_Y/Y;
% 百分差
baifen_Y = ( Y-2. 050e011) /2. 050e011;
#####

```

(3) 运行 Matlab 软件后, yang. xls 文件中的数据可以自动导入 Matlab 软件中。经过 Matlab 软件的处理, 可以快速准确地直接得到所需要的计算结果, 见表 4。百分差和相对不确定度分别是 4.5% 和 2.8%。另外, 使用逐差法手工计算了金属丝杨氏模量的百分差和相对不确定度, 分别是 4.7% 和 3%, 略微大于 Matlab 软件计算的百分差和相对不确定度, 也验证了 Matlab 软件计算结果的正确性^[3]。

表 4 逐差法的 Matlab 软件计算结果列表

加 4 千克砝码时标尺长度变化 Δ	$(6.412 \pm 0.066) \times 10^{-2} \text{ m}$
金属丝直径 d	$(0.5011 \pm 0.0065) \times 10^{-3} \text{ m}$
金属丝长度 L	$(185.20 \pm 0.05) \times 10^{-2} \text{ m}$
光杠杆到标尺的距离 D	$(123.00 \pm 0.05) \times 10^{-2} \text{ m}$
金属丝到光杠杆距离 x	$(7.110 \pm 0.002) \times 10^{-2} \text{ m}$
金属丝的杨氏模量	$(1.959 \pm 0.055) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
相对不确定度	2.8%
百分差	4.5%

3 结 论

用拉伸法测量金属丝杨氏模量的仪器易于操作、实验设备简单。本文使用逐差法处理实验数据可以减小随机误差和系统的仪器测量误差, 但人工处理数据时比较繁琐, 容易出错。本文用 Matlab 软件处理数据可避免繁琐的数学计算, 能够快速、精确地得到测量结果, 提高了的数据处理能力。

参考文献:

- [1] 杨述武, 赵立竹, 沈国土. 普通物理实验(一、力学·热学部分) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [2] 竺江峰, 鲁晓东, 夏雪琴. 大学物理实验 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.
- [3] 段晓勇, 单永明. 光的干涉和衍射的 Matlab 数值模拟 [J]. 大学物理实验, 2012, 25(3): 95-97.
- [4] 蔡莉莉, 张琳. Matlab 在麦克斯韦速率分布律中的应用 [J]. 大学物理实验, 2013(4).

The Application of Matlab Software for the Young's Modulus of the Metal Wire Using the Method of Successive Difference

ZHAO Xing-chen, LI Xue-mei, XIA Xue-qin

(Zhejiang Ocean University, Zhejiang Zhoushan 316000)

Abstract: Young's modulus of the metal wire can be determined by means of the tensile method. The experimental data can be processed by the method of successive difference, which can decrease the random error and the instrumental error of the system. Many physical parameters are measured and the data process by hands is trivial with high error probability. Therefore, the data is processed with Matlab software. The measured data and the instrumental error of the system in the Excel file can be imported into and processed by the Matlab software using the method of successive difference, and then the Young's modulus of the metal wire can be obtained quickly and precisely with low percentage difference and low relative uncertainty.

Key words: young's modulus; the method of successive difference; matlab software; Excel software