

弹性模量的测定
电62 唐庆虎 2016010931

y (1/mm)	x (F/N)	x/mm	f/Hz
1.341	1.96	20	402.14
1.618	3.92	28	398.66
1.87	5.88	36	394.9
2.134	7.84	53	397.18
2.381	9.8	61	397.75
2.662	11.76	69	397.98
2.921	13.72		
3.149	15.68		
3.413	17.64		
3.688	19.6		

直线拟合 ($y=a+bx$)

b	0.132111936	s_b	0.000657261
a	1.093533333	r²	0.999802032

一、拉伸法

用最小二乘法对 $l-x$ 进行线性拟合

由拟合结果可知，相关系数 $r^2 = 0.9998$ ，线性程度较好

$$b = 0.1321 \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$s_b = 0.00066 \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$\Delta_{A,b} = t_P(10-2)s_b = 2.31 \times 0.00066 \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1} = 0.0016 \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$\text{故 } \Delta_b = \sqrt{\Delta_{\text{仪}}^2 + \Delta_{A,b}^2} = \sqrt{0.004^2 + 0.0016^2} = 0.005 \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$b \pm \Delta_b = (0.132 \pm 0.005) \text{ mm} \cdot \text{N}^{-1}$$

$$\overline{D} = 0.2180 \text{ mm}$$

$$\Delta_{A,D} = t_P(6-1)s_{\overline{D}} = 2.57 \times 0.0007 \text{ mm} = 0.0018 \text{ mm}$$

$$\Delta_D = \sqrt{\Delta_{\text{仪}}^2 + \Delta_{A,D}^2} = \sqrt{0.004^2 + 0.0018^2} = 0.005 \text{ mm}$$

$$D \pm \Delta_D = (0.218 \pm 0.005) \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta_F}{F} = 0.5\%$$

$$\Delta_L = 3 \text{ mm}$$

$$L \pm \Delta_L = (100.1 \pm 0.3) \text{ cm}$$

$$E = \frac{4FL}{\pi D^2 \delta_L} = \frac{4L}{\pi D^2 b} = \frac{4 \times 100.1 \times 10^{-2}}{3.142 \times (0.218 \times 10^{-3})^2 \times 0.132 \times 10^{-3}}$$

$$= 2.032 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

由于 s_b 仅考虑了 δ_L 的误差，故 F 的误差仍应合成计算

$$\frac{\Delta_E}{E} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_L}{L}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_F}{F}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.005}{0.132}\right)^2 + \left(\frac{0.3}{100.1}\right)^2 + \left(2 \times \frac{0.005}{0.218}\right)^2 + (0.5\%)^2}$$

$$= 6.0\%$$

$$\Delta_E = 2.032 \times 10^{11} \times 6.0\% = 0.13 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$E \pm \Delta_E = (2.03 \pm 0.13) \times 10^{11} \text{ Pa}$$

二、动力学法

做 $f-x$ 图像，用平滑曲线拟合

得到 f 最小值

$$f_1 = 395.70\text{Hz}$$

$$f_1 \pm \Delta_{f_1} = (395.70 \pm 0.10)\text{Hz}$$

由测量可得

$$l = 199.90\text{mm}$$

$$l \pm \Delta_l = (199.90 \pm 0.02)\text{mm}$$

$$m = 32.49\text{g}$$

$$m \pm \Delta_m = (32.49 \pm 0.05)\text{g}$$

$$\bar{d} = 4.9888\text{mm}$$

$$s_d = 0.00653\text{mm}$$

$$\Delta_{\text{仪}} = 0.004\text{mm}$$

$$\Delta_{A,d} = t_p(6-1) \frac{s_d}{\sqrt{6}} = 2.57 \times \frac{0.00653\text{mm}}{\sqrt{6}} = 0.007\text{mm}$$

$$\Delta_d = \sqrt{\Delta_{\text{仪}}^2 + \Delta_{A,d}^2} = \sqrt{0.004^2 + 0.007^2}\text{mm} = 0.009\text{mm}$$

$$d \pm \Delta_d = (4.989 \pm 0.009)\text{mm}$$

查表得，泊松比 $T_1 = 1.0035$

带入公式，可得材料的杨氏模量

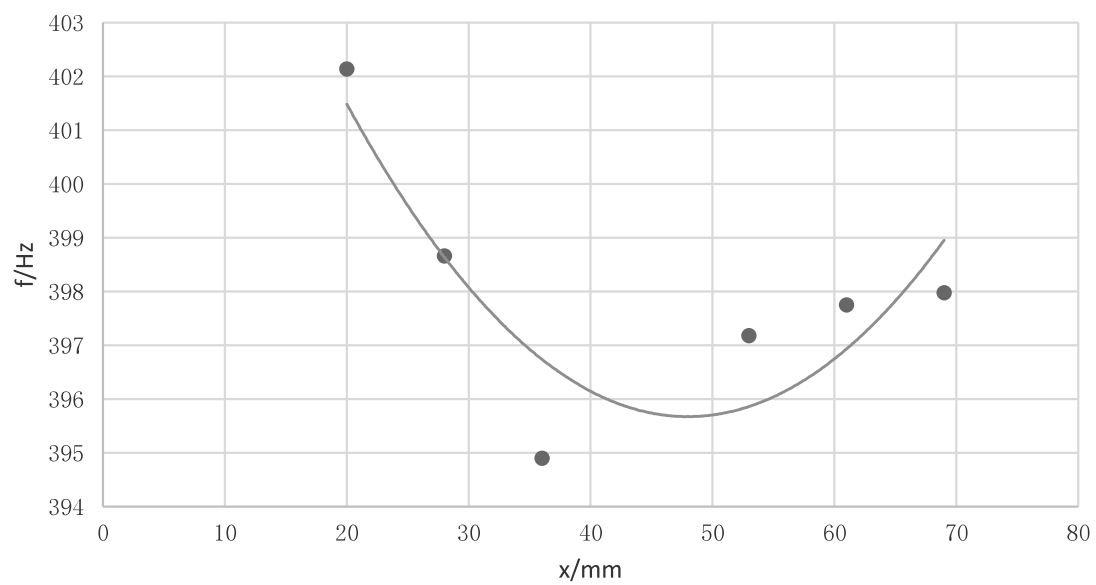
$$E = 1.6067 \frac{l^3 m}{d^4} f_1^2 T_1 = 1.6067 \times \frac{(199.90 \times 10^{-3})^3 \times 32.49 \times 10^{-3}}{(4.9888 \times 10^{-3})^4} \times 395.7^2 \times 1.0035$$
$$= 1.058 \times 10^{11} \text{Pa}$$

$$\frac{\Delta_E}{E} = \sqrt{\left(\frac{3\Delta_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{4\Delta_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta_{f_1}}{f_1}\right)^2}$$
$$= \sqrt{\left(\frac{3 \times 0.02}{199.90}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{32.49}\right)^2 + \left(\frac{4 \times 0.009}{4.989}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 0.10}{395.70}\right)^2}$$
$$= 0.75\%$$

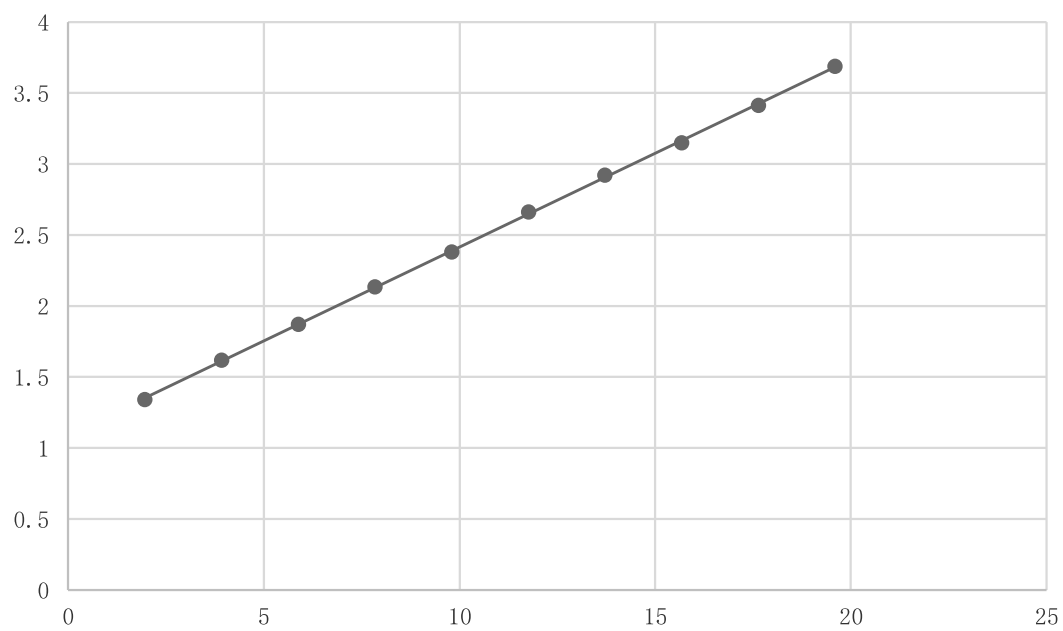
$$\Delta_E = 0.75\% \times 1.058 \times 10^{11} \text{Pa} = 0.008 \times 10^{11} \text{Pa}$$

$$E \pm \Delta_E = (1.058 \pm 0.008) \times 10^{11} \text{Pa}$$

f-x关系图



I-x关系图



清华大学实验报告

系别 电机系 班号 电62 姓名 唐庆虎 (同组姓名: _____)

作实验日期 2017年 4月 14日

教师评定: _____

[实验数据]

一、拉伸法

1. 测钢丝长度及其伸长量

仪器编号 56 钢丝长度 $L = \frac{100.1}{99.9} \text{ mm}$

序号 i	$F_i = mg \text{ (N)}$	x_{it} / mm	x_{i-} / mm	$l_{it} = x_{i+s} - x_{it} / \text{mm}$	$l_{i-} = x_{i+s-} - x_{i-} / \text{mm}$
1		1.341	1.335		
2		1.618	1.623		
3		1.870	1.901		
4		2.134	2.165		
5		2.381	2.429		
6		2.662	2.688		
7		2.921	2.923		
8		3.149	3.166		
9		3.413	3.430		
10		3.688	3.687		

注: "+" 表示增砝码时, "-" 表示减砝码时

2. 测钢丝直径 D

(1) 测定螺旋测微计的零点 $d \text{ (mm)}$

i	1	2	3
(测量前) d_i / mm	-0.005	-0.005	-0.005
(测量后) d_i / mm	-0.005	-0.006	-0.005

$$\bar{d} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^3 d_i = -0.0052 \text{ mm}$$

(2) 测直径 $D \text{ (mm)}$

i	1	2	3	4	5	6
D_i / mm	0.216	0.213	0.212	0.211	0.213	0.212

$$\bar{D} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 D_i - \bar{d} = \frac{0.2180}{\cancel{21.8}} \text{ mm}$$

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (D_i - \bar{D})^2}{6 \times 5}} = 0.0007 \text{ mm}$$

清华大学实验报告

系别 电机系 班号 电62 姓名 唐庆虎 (同组姓名: _____)

作实验日期 2017年 4月 14日

教师评定: _____

二. 动力学法

1. $f-x$ 关系

f/Hz	x/mm	f/Hz	x
402.14	20.00		
398.66	28.00		
394.90	36.0		
397.18	53.0		
397.75	61.0		
397.98	69.0		
397.26	65.0		

209

2. 测量样品

(1) 样品材料 黄铜

样品长度 $l = \underline{199.90\text{mm}}$

样品质量 $m = \underline{32.49\text{g}}$

(2) 样品直径

$d_0 = \underline{0.070\text{mm}}$

i	1	2	3	4	5	6
d_i/mm	5.062	5.060	5.059	5.062	5.046	5.064

$$\bar{d} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 d_i - d_0 = \underline{4.9888\text{mm}}$$