

实验 1 铸铁拉伸实验报告

姓名：邹佳驹

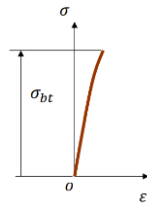
学号：12012127

同组人：刘鸿磊

一、实验目的（5 分）

1. 了解典型金属材料（脆性材料）在拉伸时的力学性能；
2. 了解万能实验机的构造和工作原理，掌握其操作规程和使用注意事项；
3. 测定材料的弹性模量 E ，验证胡克定律，测定材料泊松比；
4. 测定铸铁拉伸时的强度极限 σ_b ；
5. 观察材料拉伸实验过程的变形特征，绘制应力-应变曲线。

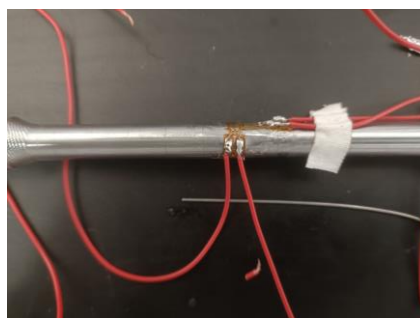
二、实验标准/原理(如使用了应变片，请说明测点位置和测量桥路，10 分)



脆性材料应力应变图

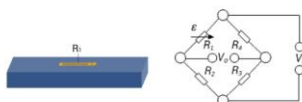
对于脆性材料，拉伸时的应力应变曲线为微弯的曲线，没有屈服和颈缩现象，试件会被突然拉断。拉伸强度极限 σ_b 是衡量脆性材料拉伸的唯一强度指标。

将电阻应变片粘贴在被测构件表面，当构件在外力作用下产生变形时电阻应变片的电阻值将发生相应变化，通过电阻应变仪将电阻的变化转化为电压变化，再换算成应变值直接显示或输出给函数记录仪记录下来，也可由计算机进行采集和处理，就可以得到被测量的应变或应力。本实验中使用了 2 个应变片，丝栅长度分别平行和垂直于试件拉伸方向，测点位置位于试件中部。



应变片方向与测点位置示意

根据惠斯通电桥电路原理，结合实验目的与应变片安装位置，选用的测量桥路为 1/4 桥路。

Bridge configuration	External impacts measured:	Application	Description	Advantages and disadvantages								
	$\varepsilon = \varepsilon_x + \varepsilon_y = \frac{4}{k} \cdot \frac{V_0}{V_s} - \varepsilon_z$ <table border="1" data-bbox="660 378 788 412"> <tr> <td>T</td> <td>F₀</td> <td>M₀</td> <td>M_A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </table>	T	F ₀	M ₀	M _A	1	1	1	0	<p>Strain measurement on a tension/ compression bar</p> <p>Strain measurement on a bending beam</p>	<p>Simple quarter bridge</p> <p>Simple quarter bridge circuit with one active strain gauge</p>	<p>+ Easy installation</p> <p>- Normal and bending strain are superimposed</p> <p>- Temperature effects not automatically compensated</p>
T	F ₀	M ₀	M _A									
1	1	1	0									

1/4 桥路 （图片来自[惠斯通电桥电路 | HBM](#)）

三、实验仪器设备与工具(5 分)

1. 万能试验机
2. 游标卡尺
3. 应变片（端子与导线）
4. 应变&力综合测试仪
5. 焊枪工具包
6. 502 强力胶水

四、实验步骤（10 分）

1. 测量试件尺寸（直径）；
2. 编辑实验方案；
3. 贴应变片，安装试件，连接应变仪；
4. 开始加载，观察实验过程，记录数据与实验现象；
5. 试件断裂后，取出试件，规整实验仪器。

五、实验数据记录（包含实验前/后试件尺寸测量、原始实验数据整理，对于数据量较大的数据，比如载荷-位移/时间，可以提取部分数据并加以说明，20 分）

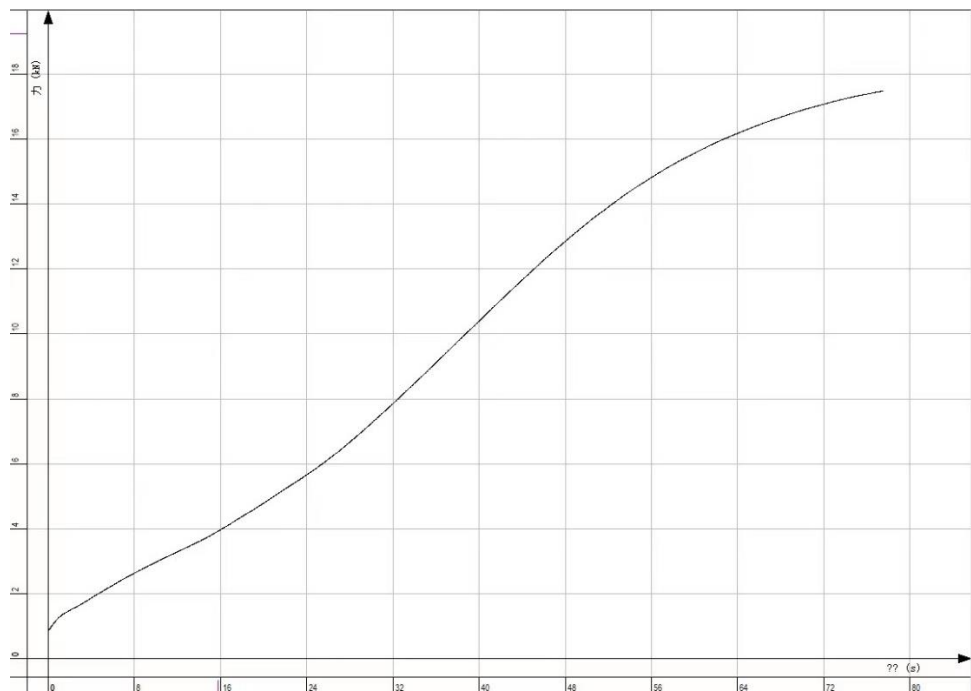
实验前试件尺寸测量

直径 d=10.03mm

原始实验数据整理（提取 15 个数据点）

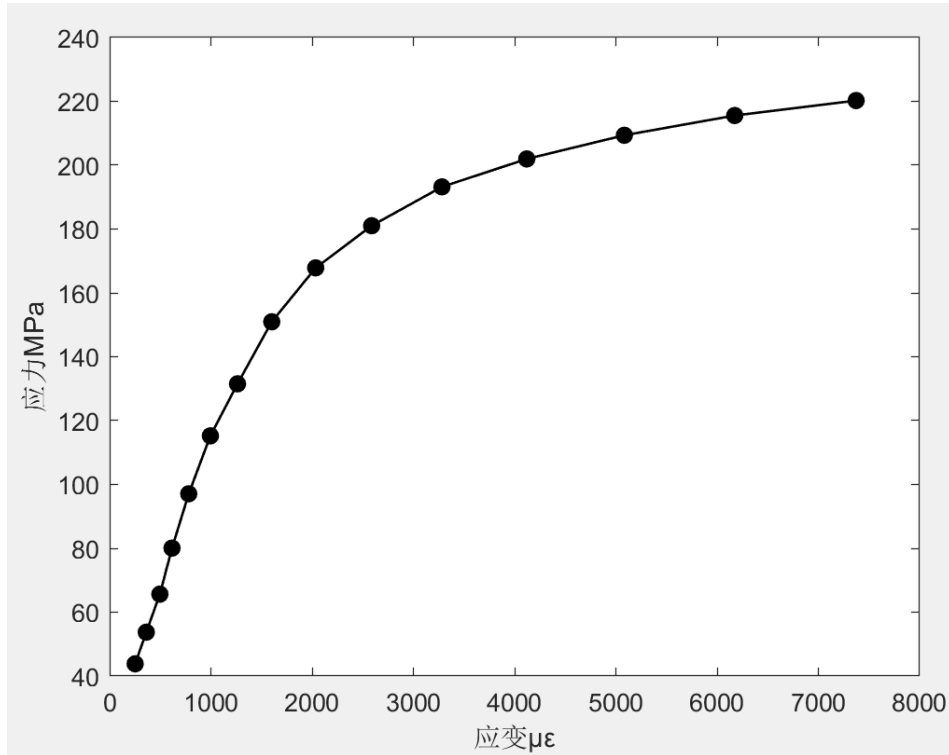
载荷[kN]	应变1[$\mu\epsilon$]	应变2[$\mu\epsilon$]
3.462	-74	252
4.245	-103	362
5.185	-140	496
6.324	-172	616
7.667	-212	781
9.100	-262	995
10.385	-321	1263
11.918	-387	1601
13.249	-463	2035
14.289	-549	2588
15.246	-645	3282
15.933	-750	4120
16.515	-859	5084
16.999	-974	6174
17.364	-1089	7373

六、实验数据处理（数据处理图表整理、实验数据选取、材料性能参数计算等，30 分）



载荷-时间图像

选取所提取的 15 个数据点绘制如下应力-应变图像，
材料被拉伸时，截面面积会减小，计算时考虑的是瞬时截面面积，瞬时直径为 $d(1 + \epsilon_1)$ ，计算数据见附表。



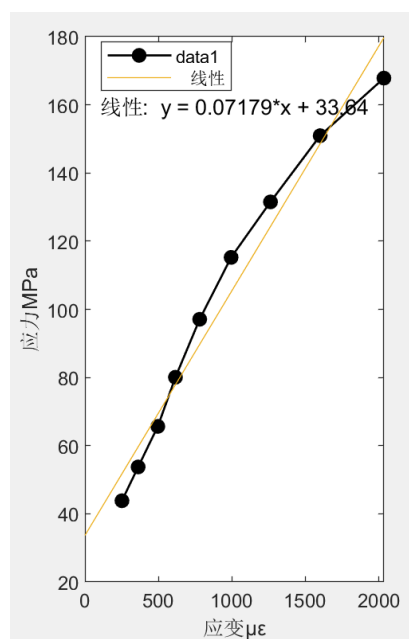
应力-应变图像

在载荷为 17.364kN 时，试件发生断裂，此时对应的应力大小为 220.244MPa

即：此铸铁试件拉伸时的强度极限 $\sigma_b = 220.244MPa$

值得注意的是，该应力-应变曲线在应变值大于 $3000\mu\epsilon$ 时出现明显弯曲，原因应该是该铸铁材料存在一定杂质，不是严格的脆性材料，进而导致所得应力-应变曲线与理论“微弯”曲线存在较大差异。

对以上所得曲线做线性拟合（最小二乘法 $y=kx+b$ ），选取前 9 个数据点，所得结果如下：

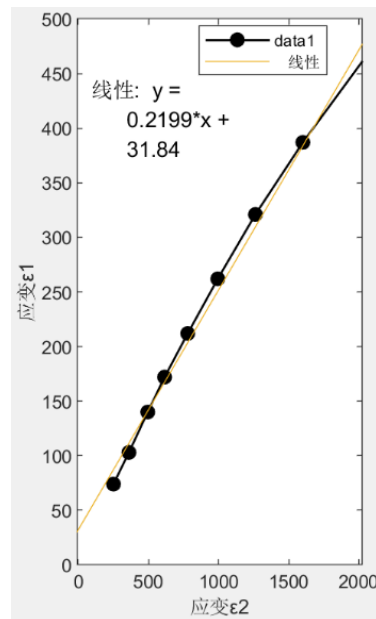


此时，弹性模量 $E=71.79\text{GPa}$ ，该结果较符合脆性材料“微弯”的应力-应变曲线。

泊松比的计算

$$\nu = -\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

同样选取前 9 个数据点，作图如下：



对所得图像进行线性拟合，拟合直线的斜率为泊松比，由图可知， $\nu = 0.2199$

七、实验结论（参照实验目的，给出实验结论，比如断后伸缩率、弹性模量、泊松比、极限强度等，10 分）

通过万能实验机拉伸铸铁试件，利用所得结果计算得到铸铁材料的应力-应变曲线、弹性模量、泊松比与强度极限。实验结果表明，此铸铁试件的弹性模量为 71.79GPa ，应力-应变曲线满足胡克定律，泊松比为 0.2199 ，强度极限为 220.244MPa 。

八、思考题（10 分）

1. 铸铁拉伸试样刚度与铸铁弹性模量的关系。

铸铁拉伸试样的刚度是指其在受力时抵抗弹性变形的能力，在受到拉伸或压缩这类作用时，拉压刚度 K 可表示为 $\frac{EA}{L}$ ，其中 E 为弹性模量，该结果表明，铸铁拉伸试样的刚度与铸铁弹性模量成正比关系，弹性模量越大，试

样的刚度越大。

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta L}{L}$$

$$F = \frac{EA}{L} \Delta L = K \Delta L$$

实验改进

1. 将应变片尽可能地紧密贴合在试件表面，避免应变片和试件之间存在较厚的已凝固的 502 强力胶水；
2. 粘贴应变片位置时，尽可能地将其方向做到水平与垂直，进而得到更为准确的轴向和径向应变数值。

附

数据处理表

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
载荷[kN]	应变1[με]	应变2[με]	原始直径[m]	缩短量[m]	瞬时直径[m]	瞬时截面[㎡]	应力[KPa]	应力[MPa]		截面[㎡]	应力[KPa]	Mpa0	误差	泊松比ν
3.462	-74	252	0.01003	-7.4222E-07	0.010029258	7.90001E-05	43822.75	43.82275		7.90118E-05	43816.26	43.81626	0.000148	0.293651
4.245	-103	362	0.01003	-1.0331E-06	0.010028967	7.89955E-05	53737.25	53.73725		7.90118E-05	53726.18	53.72618	0.000206	0.28453
5.185	-140	496	0.01003	-1.4042E-06	0.010028596	7.89896E-05	65641.52	65.64152		7.90118E-05	65623.14	65.62314	0.00028	0.282258
6.324	-172	616	0.01003	-1.7252E-06	0.010028275	7.89846E-05	80066.26	80.06626		7.90118E-05	80038.72	80.03872	0.000344	0.279221
7.667	-212	781	0.01003	-2.1264E-06	0.010027874	7.89783E-05	97077.34	97.07734		7.90118E-05	97036.19	97.03619	0.000424	0.271447
9.100	-262	995	0.01003	-2.6279E-06	0.010027372	7.89704E-05	115233.1	115.2331		7.90118E-05	115172.7	115.1727	0.000524	0.263317
10.385	-321	1263	0.01003	-3.2196E-06	0.01002678	7.8961E-05	131520.5	131.5205		7.90118E-05	131436.1	131.4361	0.000642	0.254157
11.918	-387	1601	0.01003	-3.8816E-06	0.010026118	7.89506E-05	150955.1	150.9551		7.90118E-05	150838.3	150.8383	0.000774	0.241724
13.249	-463	2035	0.01003	-4.6439E-06	0.010025356	7.89386E-05	167839.3	167.8393		7.90118E-05	167683.9	167.6839	0.000926	0.227518
14.289	-549	2588	0.01003	-5.5065E-06	0.010024494	7.8925E-05	181045.2	181.0452		7.90118E-05	180846.5	180.8465	0.001098	0.212133
15.246	-645	3282	0.01003	-6.4694E-06	0.010023531	7.89099E-05	193207.8	193.2078		7.90118E-05	192958.6	192.9586	0.00129	0.196527
15.933	-750	4120	0.01003	-7.5225E-06	0.010022478	7.88933E-05	201956.3	201.9563		7.90118E-05	201653.5	201.6535	0.001499	0.182039
16.515	-859	5084	0.01003	-8.6158E-06	0.010021384	7.88761E-05	209379.1	209.3791		7.90118E-05	209019.5	209.0195	0.001717	0.168961
16.999	-974	6174	0.01003	-9.7692E-06	0.010020231	7.88579E-05	215564.9	215.5649		7.90118E-05	215145.2	215.1452	0.001947	0.157758
17.364	-1089	7373	0.01003	-1.0923E-05	0.010019077	7.88398E-05	220244.2	220.2442		7.90118E-05	219764.7	219.7647	0.002177	0.147701
							瞬时截面计算结果			考虑恒定截面计算结果				

选取瞬时截面面积和恒定截面面积所得应力计算结果最大误差为 0.2%。

铸铁断面



端口平齐，垂直于拉伸方向，属于脆性断口

线性拟合代码

```
编辑器 - D:\Study\Junior year\Aircraft Structure Experiment\Experiment1\Fit_Plot.m
Fit_Plot.m Stress_Strain_Figure.m +
1— plot (VarName3, MPa, 'o');
2— hold on;
3— N=length (VarName3);
4— k=(sum (MPa.*VarName3)-N*mean (MPa)*mean (VarName3))/(sum (VarName3.^2)-N*mean (VarName3)^2);
5— b=mean (MPa)-k*mean (VarName3);
6— x_line=linspace (0, 10000);
7— y_line=k*x_line+b;
8— plot (x_line, y_line, 'Color', 'r', 'LineWidth', 1)
9— xlabel ('应变  $\mu \epsilon$ ');
10— ylabel ('应力MPa');
11
12
```