

实验一 拉伸实验

一、实验目的

- 1. 测定低碳钢(Q235)的屈服点 σ_s 、 $\sigma_{0.2}$ ，强度极限 σ_b ，延伸率 δ , 断面收缩率 ψ 。
- 2. 测定铸铁的强度极限。。。
- 3. 观察低碳钢拉伸过程中的各种现象(如屈服、强化、颈缩等), 并绘制拉伸曲线。
- 4. 熟悉试验机和其它有关仪器的使用。

二、实验设备

- 1. 液压式万能实验机；2. 游标卡尺；3. 试样刻线机。

三、万能试验机简介

具有拉伸、压缩、弯曲及其剪切等各种静力实验功能的试验机称为万能材料试验机，万能材料试验机一般都由两个基本部分组成；

- 1)加载部分，利用一定的动力和传动装置强迫试件发生变形，从而使试件受到力的作用，即对试件加载。
- 2)测控部分，指示试件所受载荷大小及变形情况。

四、试验方法

1. 低碳钢拉伸实验

- (1)用画线器在低碳钢试件上画标距及10等分刻线，量试件直径，低碳钢试件标距。
- (2)调整试验机，使下夹头处于适当的位置，把试件夹好。
- (3)运行试验程序，加载，实时显示外力和变形的关系曲线。观察屈服现象。。
- (4)打印外力和变形的关系曲线，记录屈服载荷 $F_s=22.5kN$ ，最大载荷 $F_b=35kN$ 。
- (5)取下试件，观察试件断口：凸凹状，即韧性杯状断口。测量拉断后的标距长 L ，颈缩处最小直径 d 。并将测量结果填入表1-3。

低碳钢的拉伸图如图所示

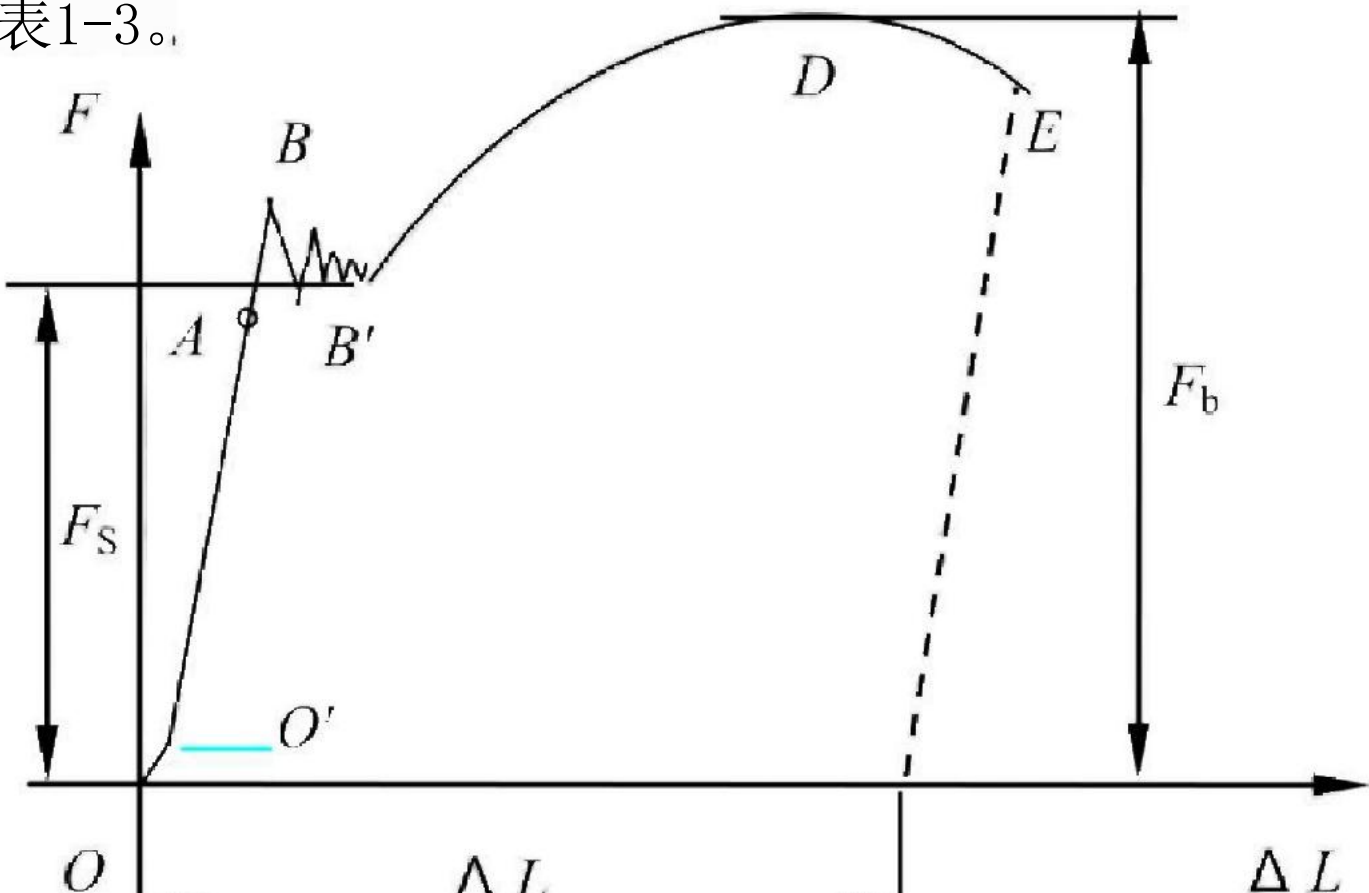


图1-4低碳钢拉伸曲线

2. 铸铁的拉伸

其方法步骤完全与低碳钢相同。因为材料是脆性材料，观察不到屈服现象。在很小的变形下试件就突然断裂(图1-5), 只需记录下最大载荷F=10.8kN即可。σ_b的计算与低碳钢的计算方法相同。

六、试验结果及数据处理

表1-2 试验前试样尺寸

材料	标 距 L ₀ /mm	直径d ₀ /mm									横截面面
		截面 I			截面 II			截面 III			积A ₀ /mm ²
		(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均	
低碳钢	100	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	78.54
铸 铁	100	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	10.	78.54

表1-3 试验后试样尺寸和形状

断裂后标距长度 L ₁ /mm	断口(颈缩处最小直径d ₁ /mm)			断口处最小横截面 面 积A ₁ /mm ²
	(1)	(2)	平均	
125	6	6	6	28.27
试样断裂后简图	低碳钢			铸 铁
	凸凹状，即韧性杯状断口			沿横截面，断面粗糙

根据试验记录，计算应力值。

低碳钢屈服极限

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} = \frac{22.5 \times 10^3}{78.54} = 286.48 \text{ MPa}$$

低碳钢强度极限

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} = \frac{35 \times 10^3}{78.54} = 445.63 \text{ MPa}$$

低碳钢断面收缩率

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \% = \frac{78.54 - 28.27}{78.54} = 64 \%$$

低碳钢延伸率

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \% = \frac{125 - 100}{100} = 25 \%$$

铸铁强度极限

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} = \frac{10.8 \times 10^3}{78.54} = 137.53 \text{ MPa}$$

七、思考题

1. 根据实验画出低碳钢和铸铁的拉伸曲线。略
2. 根据实验时发生的现象和实验结果比较低碳钢和铸铁的机械性能有什么不同？

答：低碳钢是典型的塑性材料，拉伸时会发生屈服，会产生很大的塑性变形，断裂前有明显的颈缩现象，拉断后断口呈凸凹状，而铸铁拉伸时没有屈服现象，变形也不明显，拉断后断口基本沿横截面，较粗糙。

3. 低碳钢试样在最大载荷D点不断裂，在载荷下降至E点时反而断裂，为什么？

答：低碳钢在载荷下降至E点时反而断裂，是因为此时实际受载截面已经大大减小，实际应力达到材料所能承受的极限，在最大载荷D点实际应力比E点时小。

实验二 压缩实验

一、实验目的

1. 测定低碳钢的压缩屈服极限和铸铁的压缩强度极限。
2. 观察和比较两种材料在压缩过程中的各种现象。

二、实验设备、材料

万能材料试验机、游标卡尺、低碳钢和铸铁压缩试件。

三、实验方法

1. 用游标卡尺量出试件的直径 d 和高度 h 。
2. 把试件放好，调整试验机，使上压头处于适当的位置，空隙小于10mm。
3. 运行试验程序，加载，实时显示外力和变形的关系曲线。
4. 对低碳钢试件应注意观察屈服现象，并记录下屈服载荷 $F = 22.5\text{kN}$ 。其越压越扁，压到一定程度 ($F=40\text{KN}$) 即可停止试验。对于铸铁，记下最大载荷 $F = 35\text{kN}$ 。打印压缩曲线。
5. 取下试件，观察低碳钢试件形状：鼓状；铸铁试件：喇叭状，向破坏。

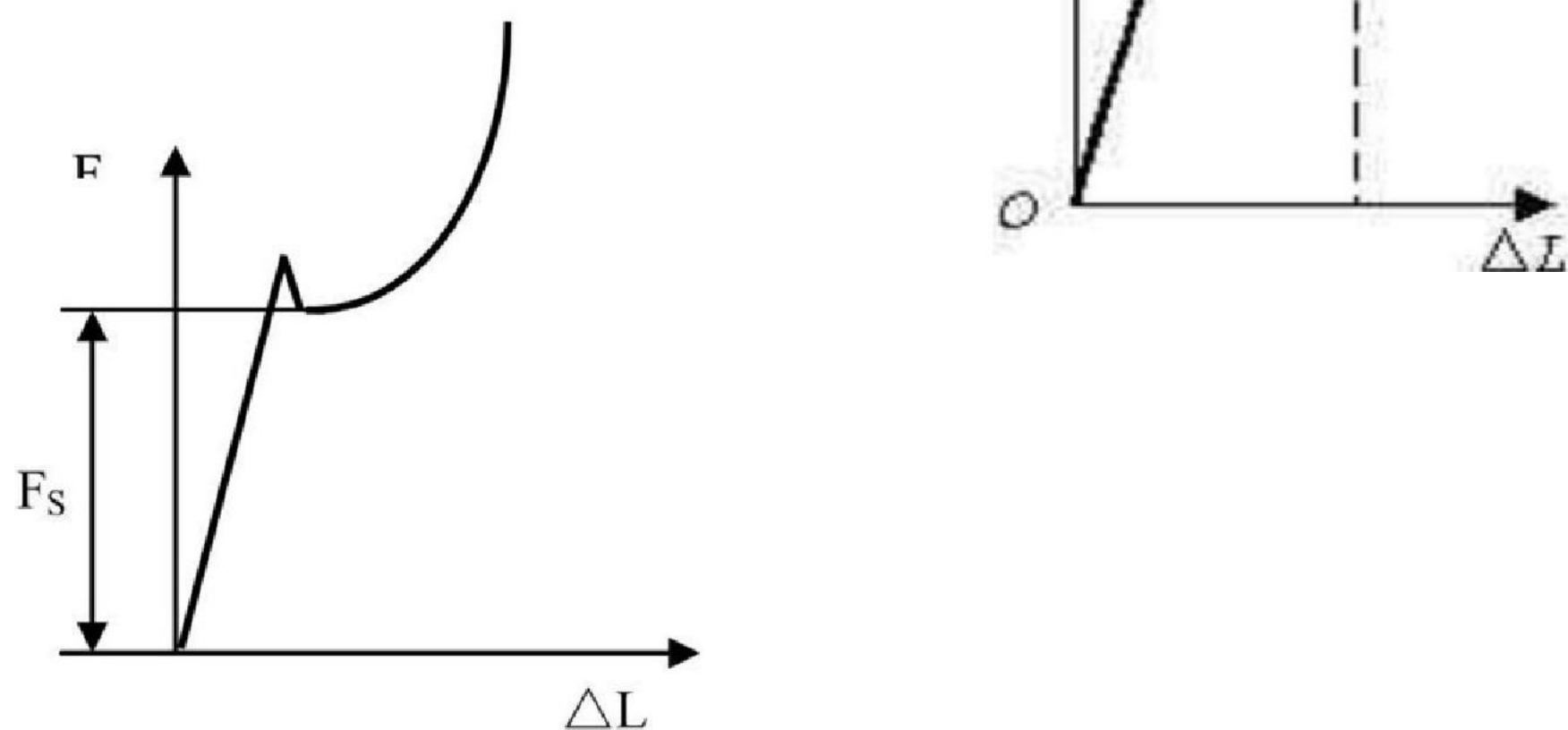


图2-1 低碳钢和铸铁压缩曲线

四、试验结果及数据处理

表2-1 压缩实验结果

材料	直径	屈服载荷	最大载荷	屈服极限	强度极限
碳钢	10mm	22KN		280. 11MPa	
铸铁	10mm	——	60KN	——	763. 94MPa

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} = \frac{22000}{\pi \times 10^2 / 4} = 280.11 \text{ MPa}$$

低碳钢压缩屈服点

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} = \frac{60000}{\pi \times 10^2 / 4} = 763.94 \text{ MPa}$$

铸铁压缩强度极限

五、思考题

1. 分析铸铁破坏的原因，并与其拉伸作比较。

答：铸铁压缩时的断口与轴线约成45°角，在45°的斜截面上作用着最大的切应力，故其破坏方式是剪断。铸铁拉伸时，沿横截面破坏，为拉应力过大导致。

2. 放置压缩试样的支承垫板底部都制作成球形，为什么？

答：支承垫板底部都制作成球形自动对中，便于使试件均匀受力。

3. 为什么铸铁试样被压缩时，破坏面常发生在与轴线大致成45°~55°的方向上？

答：由于内摩擦的作用。

4. 试比较塑性材料和脆性材料在压缩时的变形及破坏形式有什么不同？

答：塑性材料在压缩时截面不断增大，承载能力不断增强，但塑性变形过大时不能正常工作，即失效；脆性材料在压缩时，破坏前无明显变化，破坏与沿轴线大致成45°~55°的方向发生，为剪断破坏。

5. 低碳钢和铸铁在拉伸与压缩时的力学性质有什么不同？

答：低碳钢抗拉压能力相同，铸铁抗压能力比抗拉高许多。

实验六 纯弯曲梁正应力测定

一、实验目的

1. 测定梁在纯弯曲时横截面上的正应力分布，验证平面假设理论和弯曲正应力公式。
2. 学习电测应力实验方法。

二、实验设备

1. 简支梁及加载装置。
2. 电阻应变仪。
3. 直尺，游标卡尺。

三、实验原理

根据弯曲梁的平面假设沿着梁横截面高度的正应力分布规律应当是直线。为了验证这一假设，我们在梁的纯弯曲段内粘贴7片电阻应变片：1*、2*、3*、4*、5*、6、7*，见指导书中图，由应变仪测出读数即知道沿着梁横面高度的正应力分布规律。

四、实验步骤

1. 用游标卡尺测量梁的尺寸 b 和 h ，用钢尺量梁的支点至力作用点的距离 d 。
2. 将各点的应变片和温度补偿片以半桥的形式接入应变仪。被测应变片接在AB上，补偿片接在BC上。

仪器操作步骤：

- 1) 半桥测量时将 D_1DD_2 接线柱用连接片连接起来并旋紧。
- 2) 将标准电阻分别与 A、B、C 接线柱相连。
- 3) 接通电源开关。
- 4) 按下“基零”键仪表显示“0000”或“-0000”（仪表内部已调好）。
- 5) 按下“测量”键，显示测量值，将测量值调到“0000”或“-0000”。
- 6) 按下“标定”键仪表显示-10000附近值，按照所使用应变片灵敏度 $K=2.17$ ，调节灵敏度使显示为-9221。
- 7) 将“本机、切换”开关置“切换”状态。

主机的 A、B、C 接线柱上的标准电阻去掉，将各被测量应变片一端分别与左上对应的各A （Ay~A₇） 接线柱相连，公共输出端与一B接线柱相连，温度补偿片接在B、C 之间。

被测点(应变片号)	6	4	2	1	3	5	7
接线端子(通道号)	1	2	3	4	5	6	7

8) 切换开关，按次序所有点的平衡都调节在0000或-0000值上。

9) 转动手轮，使梁加载荷，逐点测量、记录应变值。

采用增量法加载，每次0.5kN。 注意不能超载。

0.5 kN , 初载荷调零； 1.0 kN, 1.5 kN,2.0 kN,2.5 kN, 读出应变值

10) 实验结束。卸载，仪器恢复原状。

五、 数据记录和计算

理论计算： $\sigma = \frac{M y}{I}$

实验计算： $\sigma = E \varepsilon$

E=216GPa

表6-1 试样尺寸及数据记录

梁宽 b (mm)	梁高 h (mm)	惯性矩 I (mm ⁴)	测点至中心轴的距离 (mm)							d (mm)	△ M (Nm)			
			6	4	2	1	3	5	7					
20	40	1.067e5	20	15	10	0	10	15	20	150	37.5			
载荷	应 变 量 （ μ ε ）													
F (kN)	6		4		2		1		3		5		7	
	读 数	增 量	读 数	增 量	读 数	增 量	读 数	增 量	读 数	增 量	读 数	增 量	读 数	增 量
0.5	0	-33	0	-24	0	-16	0	0	0	16	0	24	0	33
1.0	-33	-32	-24	-25	-16	-17	0	0	16	17	24	25	33	32
1.5	-65		-49		-33		0		33		49		65	
2.0	-98	-33	-73	-24	-49	-16	0	0	49	16	73	24	98	33
2.5	-130	-32	-98	-25	-65	-16	0	0	65	16	98	25	130	32
增量平 均值	-32.5		-24.5		-16.25		0		16.25		24.5		32.5	
试验值	-7.02		-5.23		-3.51		0		3.51		5.23		7.02	

理论值	-7.03	-5.27	-3.52	0	3.52	5.27	7.03
误差%	0.14	0.82	0.28	0	0.28	0.82	0.14

七、思考题

1. 分析试验误差产生的原因。

答：电阻应变仪本身精度，使用时调零、标定等不准确，载荷显示误差，尺寸测量误差，材料特性误差。

2. 比较应变片6”和7*(或应变片4*和5*)的应变值，可得到什么结论？

答：应变片6”和7*(或应变片4*和5*)的应变值大小相等，符号相反。

3. 本实验中对应变片的栅长有无要求？为什么？

答：没有，因为纯弯曲梁，沿轴向截面上弯矩无变化，应力、应变也无变化。

4. 实验中弯曲正应力大小是否受材料弹性模量 E 的影响。

答：实际中弯曲正应力大小不受材料弹性模量 E 的影响。但是实验中弯曲正应力大小受材料弹性模量 E 的影响，因为实验中所测的弯曲正应力是由所测应变和材料弹性模量 E 计算得的，若 E 给出比实际大，则计算应力也比实际的大。

实验七 弯扭组合变形时的应力测定

一、实验目的

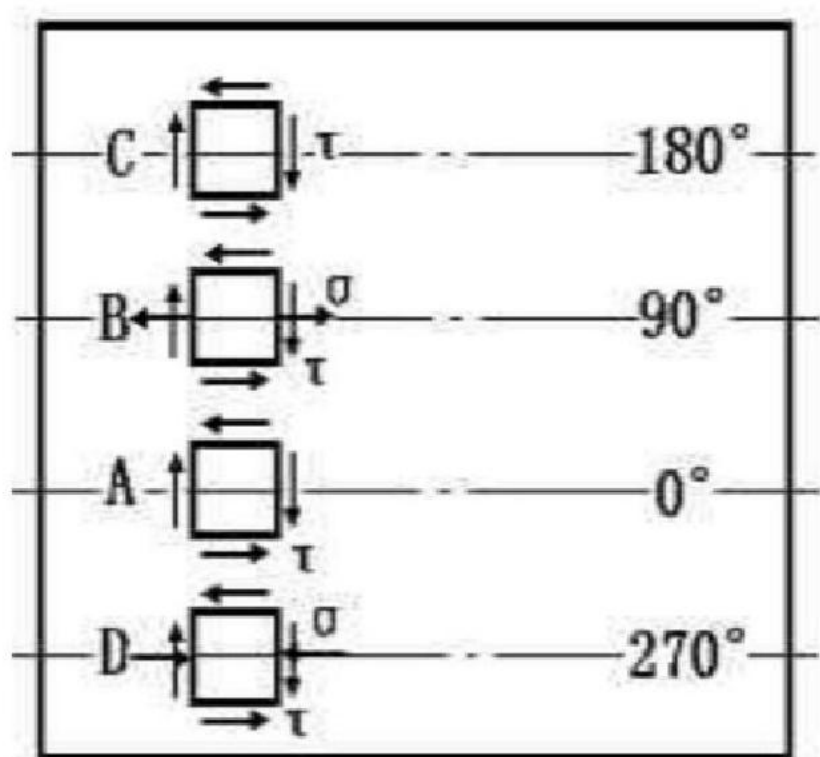
1. 用电测法测定平面应力状态下的主应力大小及其方向，并与理论值进行比较。
2. 测定弯扭组合变形杆件中的弯矩和扭矩分别引起的应变，并确定内力分量弯矩和扭矩的实验值。
3. 进一步掌握电测法和应变仪的使用。了解半桥单臂，半桥双臂和全桥的接线方法。

二、实验仪器

1. 弯扭组合实验装置。
2. 电阻应变仪。

三、实验原理和方法

弯扭组合变形实验装置示，见指导书中图。 I-I 截面为被测位置，取其前、后、上、下的A、B、C、D为被测的四个点，其应力状态见下左图(截面 I-I 的展开图)。每点处按 -45° 、 0° 、 $+45^\circ$ 方向粘贴一片 45° 的应变花，将截面 I-I 展开如下右图所示。



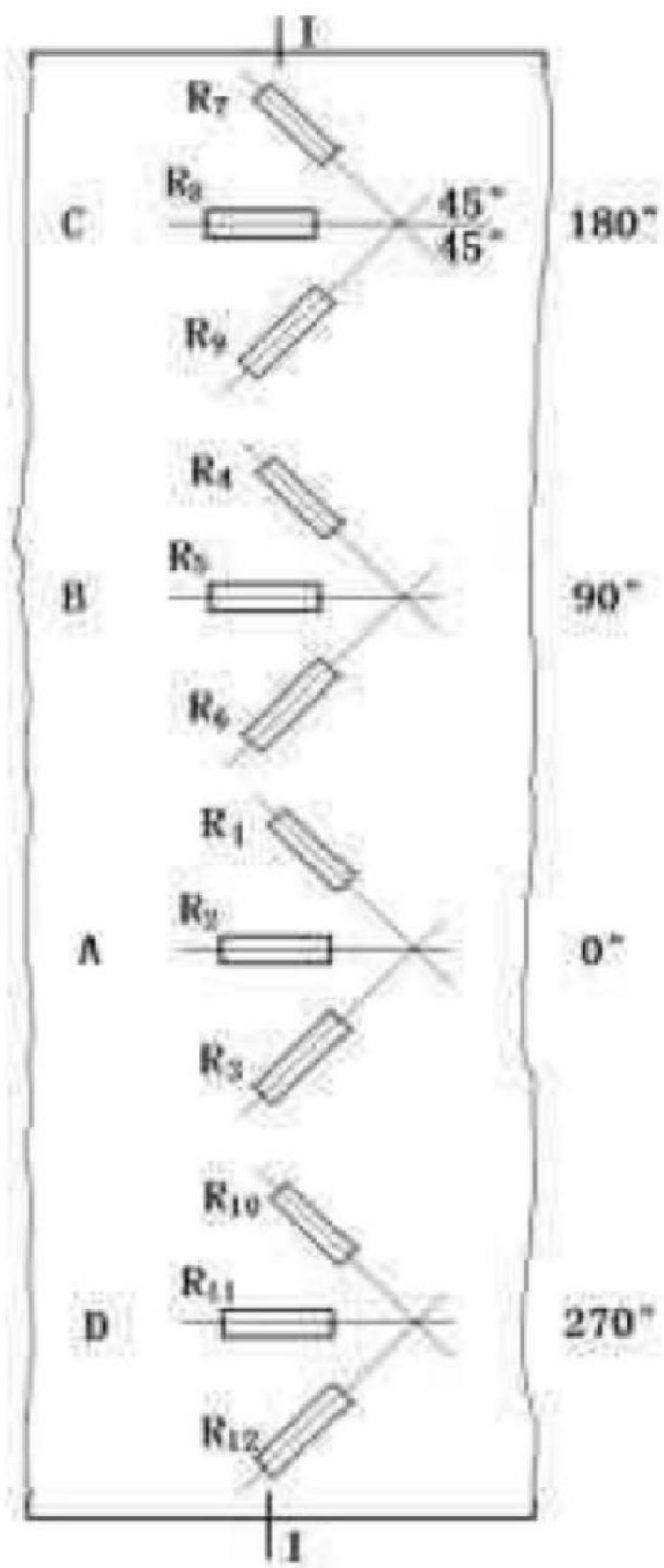
A,B,C,D 点应力状态

后，可算出主应变的大小和方向，再应用广义胡克定律即可求出主应力的方向和大小。

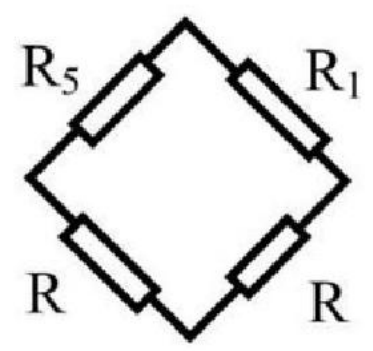
四、实验内容和方法

1. 确定主应力大小及方向：

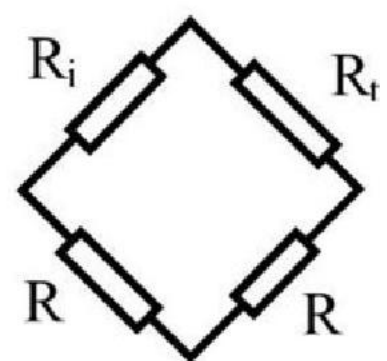
弯扭组合变形薄壁圆管表面上的点处于平面应力状态，用应变花测出三个方向的线应变



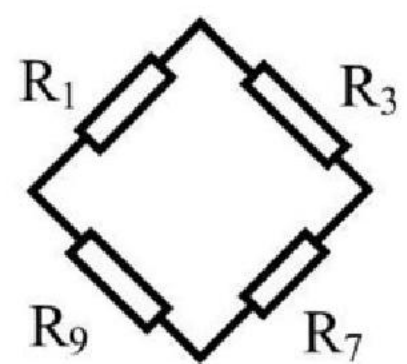
(a) 截面 I-I



(b) 弯矩



(c) 主应力



(d) 扭矩

主应力

$$\sigma_{1,2} = \frac{E}{1+\mu} \left[\frac{1+\mu}{2} (\varepsilon_{+45^\circ} + \varepsilon_{-45^\circ}) \pm \frac{1-\mu}{\sqrt{2}} \sqrt{(\varepsilon_{-45^\circ} - \varepsilon_0)^2 + (\varepsilon_0 - \varepsilon_{+45^\circ})^2} \right]$$

主方向

式中: E 、 μ 、 E 分别表示与管轴线成 0° 、 $\pm 45^\circ$ 、 ε 方向的线应变

2. 单一内力分量或该内力分量引起的应变测定:

(1) 弯矩 M 及其所引起的应变测定

(a) 弯矩引起正应变的测定:

用B、D两测点轴线方向的应变片组成半桥双臂测量线路, B、D两处由于弯矩引起的正应变:

应变: $\varepsilon_M = \frac{\varepsilon_{ds}}{2}$ 式中: ε_g 为应变仪的读数应变; ε_y 是由弯矩引起的轴线方向的应变

(b) 弯矩试验值的计算:

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_{ds}}{4}$$

W — 薄壁圆管横截面的抗弯截面模量

(2) 扭矩 T 及其所引起剪应变的测定:

(a) 扭矩引起应变的测定:

用A、C两测点沿 $\pm 45^\circ$ 方向的四片应变组成全桥测量线路, 可测得扭矩引起的主应变

的实验值为:

(b) 扭矩 T 试验值的计算:

$$T = \frac{E}{4(1+\mu)} \varepsilon_{ds} W_p$$

W ——薄壁圆管的抗扭截面模量

3. 被测截面的内力分量及测点的应力分量的理论计算值:

弯矩理论值: $M=FL$

扭矩理论值: $T=Fb$

弯曲正应力理论值:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{FL}{W_z}$$

扭转剪应力理论值:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{Fb}{W_p}$$

主应力:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

主方向:

$$\tan 2\alpha_0 = -\frac{2\tau}{\sigma}$$

五、实验步骤

1. 打开弯扭组合实验装置。

2. 打开应变仪，预热15分钟。
3. 主应力测定。
- (1)用标准电阻调零，根据应变片的灵敏系数，计算出标定值标定。按下” 测量”，拆下标准电阻。

(2)将A、B、C、D上各应变片按图7-4c半桥单臂方式接入电阻应变仪各通道，各应变片共用一片温度补偿片。转换开关打到” 切换”

(3)调各通道电桥平衡。

(4)采用增量法逐级加载，每次0. 1kN。

0. 1 kN 初载荷调零

0.2 kN,0.3 kN,0.4 kN 读出测量值

(5)卸载。
4. 弯矩测定：
- (1)将 B、D两点轴线方向的应变片按图7-4b 的方式接成半桥。

(2)下同主应力测定。
5. 扭矩测定：
- (1)将A、C 两点±45° 方向应变片按图7-4d的方式接成全桥。

(2)下同主应力测定。
6. 实验结束，将仪表恢复原状。

五、实验结果及分析

表1 A、B、C、D 各点的读数应变

载荷		应变读数 $\varepsilon_a (\mu\varepsilon)$											
(kN)		A						B					
F	ΔF	-45°		0°		+45°		-45°		o°		+45°	
0. 1	0. 1	64	65	0	1	-63	-64	111	114	143	147	-15	-17
0. 2	0. 1	129	65	1	-2	-127	-63	225	110	290	140	-32	-14
0. 3		194		-1		-190		335		430		-46	
0. 4		258		2		-250		445		575		-61	

E a增量平均 值 (μ ε)	64. 67	0. 67	-62. 33	111. 33	144	-15. 33
----------------------	--------	-------	---------	---------	-----	---------

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/325004310200011140>