

# 材料力学实验指导

郑州轻工业学院力学实验室

二〇〇三年三月

# 前 言

实验是材料力学课程教学中的一个重要环节。材料力学中的结论及定律、材料的机械性质等,都要通过实验来验证或测定。塑性理论中的应力应变关系,高温蠕变的基本规律以及金属疲劳的持久极限等都是建立在实验的基础上的。至于在各种条件下材料机械性质的研究,也都需要借助实验才能得到圆满的解决。因此,材料力学实验是工程技术人员及各工科专业的学生必须掌握的基本技能之一。材料力学实验按性质可分为以下三类:

一、测定材料的机械性质的实验;

二、验证理论的实验;

三、实验应力分析;

在常温静载条件下,材料力学实验所涉及的物理量并不多,主要是测量作用在试件上的载荷及试件变形之间的关系,载荷可由 $10\sim 20\text{N}$ 到上十万 $\text{KN}$ ,故加力设备较大,而试件变形则很小,绝对变形可小到四分之一毫米,相对变形(应变可小到 $10^{-1}\sim 10^{-9}$ ,故变形测量设备必须精密;在实验时,力与变形要同时测量,这样一般需三到五人来完成。这就要求实验者要有严格的组织,密切的配合,据上述特点,实验时应注意以下诸方面:

1、首先明确实验的目的、原理和步骤,然后确定试件模型,试件是我们试验的对象,故应知它是由什么材料制造的,加工是否合格(如尺寸、光洁度等),这些都要严格检查、细心测量;

2、根据实验目的和试件尺寸估计最大载荷,选择合适的试验机,并拟定加载方案,否则会影响实验的精度。

3、实验小组成员应分工明确,操作互相协调,并认真做好记录。

在正式开始试验之前,要检查试验机测力度盘指针是否对准“零”点,试件安装是否正确;实验时不应将载荷立即加到最大值,而采取逐级加载法。首先观察各部分变化是否正常,若正常再正式加载并开始记录。实验结束以前,应对主要数据和结果加以检查和分折,认为无误后才可卸去载荷。

在实验过程中要特别注意安全,在实验进行中不得违反操作规程,以免损坏设备造成事故。

实验结束后应认真填写实验报告,它是实验的总结,也是对实验效果的检查。报告应包括以下内容:

- 1、实验名称、日期、室温,实验者及其组员的姓名;
- 2、实验目的及装置;
- 3、试件规格、材料、名称及尺寸等。
- 4、实验设备、试验机和测量仪器的名称、型号及使用量程和精度;
- 5、实验步骤。
- 6、实验数据及处理:在记录纸上制成表格、填入测量数据。

在多次测量同一物理量时,每次测得的数据并不相同。这是因为客观因素复杂,不可避免地产生误差。由统计理论可知,多次测量同一物理量时,所得各次数据的算术平均值为最优值;故在材料力学实验中,当对同一物理量作多次测量后均取测量结果的算术平均值作为该物理量的值。

7、计算:在进行数字计算时,注意有效数字计算法则。在计算中所用到的公式均需明确列出并注明该符号所代表的物理量;

8、报告最后部分应当对试验结果进行分析、讨论,说明本试验的优缺点,主要结果是否正确以及对误差的分析。

# 目 录

## 前 言

实验一 低碳钢和铸铁的拉伸试验	(1)
实验二 低碳钢和铸铁的压缩试验	(5)
实验三 金属材料弹性模量(E)和泊松比( $\mu$ )的测定	(8)
实验四 低碳钢和铸铁的扭转试验	(11)
实验五 金属材料剪切弹性模量(G)的测定	(16)
实验六 剪切试验	(18)
实验七 梁的纯弯曲试验	(20)
实验八 梁的弯曲变形试验	(23)
实验九 工字梁主应力的测定	(25)
实验十 空心圆轴主应力的测定	(29)
实验十一 低碳钢和铸铁的冲击试验	(32)
实验十二 疲劳试验	(34)
附 录	
附录一 电测应力分析简介	(38)
附录二 应变片的粘帖工艺	(43)

# 实验一 低碳钢和铸铁的拉伸试验

## 一、目的：

- 1、确定低碳钢的屈服极限  $\sigma_s$ ，强度极限  $\sigma_b$ ，延伸率  $\delta$  和面积收缩率  $\psi$ ；
- 2、确定铸铁的强度极限  $\sigma_b$ ；
- 3、观察试件从开始受力到拉断的全过程，掌握试件受力与变形之间的关系并绘制拉伸图即  $P-\Delta L$  曲线(试验机上有自动绘图装置)；
- 4、比较低碳钢(塑性材料)和铸铁(脆性材料)的机械性能及其特点。

## 二、设备：

- 1、万能试验机；
- 2、游标卡尺。

## 三、试件：

试件为圆形截面(图 1-1)，其中段用于测定拉伸变形，长度为  $L_0$ ，称为标距，两端为头部，用以装入试验机夹头部分，其形状由夹头的要求而定：

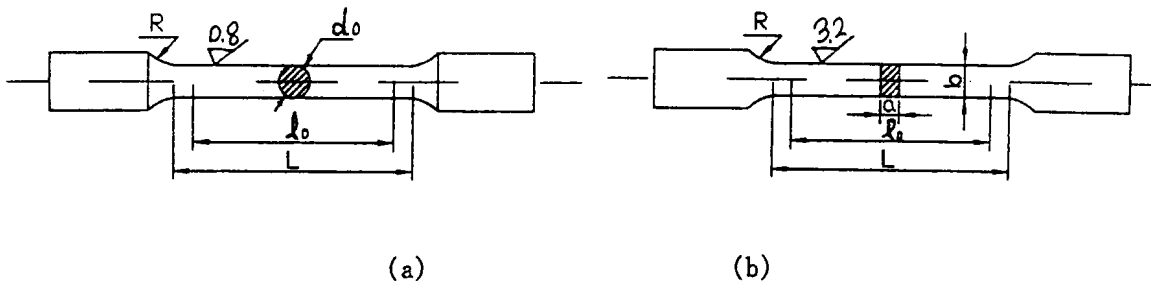


图 1-1 拉伸试件图(a)圆形, (b)矩形

试验证明，试件的尺寸和形状对试验结果将有影响，为了避免此影响，使各种材料机械性质的数据能互相比较，故对试件的尺寸和形状国家都有统一规定。 $L_0 = 10d_0$  或  $L_0 = 5d_0$  的圆截面试件叫做标准试件。而  $L_0 = 11.3 \sqrt{F_0}$  或  $L_0 = 5.65 \sqrt{F_0}$  的矩形截面的试件为比例试件。其中  $F_0$  为圆形或矩形截面的面积。本实验采用圆形截面的试件。标距  $L_0$

= 100mm, 直径  $d_0 = 10\text{mm}$ 。

#### 四、试验步骤:

##### 低碳钢(A3)试件

1、用卡尺在标距范围内测量两端及中间三处截面的直径,取三处中直径最小一处的值作为计算截面面积之用(想想看为什么)。

2、根据试件截面尺寸及低碳钢的强度极限( $\sigma_b$ )求最大截荷( $P_b$ )并选定试验机量程,调整测力盘使指针对零,使自动绘图装置处于待命状态。

3、将试件装入试验机的上夹头,调整下夹头位置,将试件装入下夹头。

4、经教师检查以上步骤的完成情况后,开动试验机并使绘图器工作,预加少量截荷(应力不得超过比例极限),然后卸载接近零,以检查试验机工作是否正常。

##### 5、进行试验

(1)慢速加载,使试件均匀变形。注意观察指针及自动绘图器的工作情况与试件相应的变形现象。当测力指针(主动针)回转、摆动或不动时,说明材料发生屈服,此时绘出的拉伸图是锯齿状(图 1-2)。锯齿形最高点对应的应力为屈服上限,最低点对应的应力为屈服下限。屈服上限因受变形速度和试件形状等各种因素的影响而不稳定,但屈服下限则比较稳定,故工程上均以后者定为材料的屈服极限。确定屈服截荷  $P_s$  时,必须缓慢而均匀地使试件产生变形同时还要注意观察,一般按如下规定确定:测力指针回转后所指示的最小截荷即为屈服截荷  $P_s$ 。若试件表面足够光滑,则此时可以看到滑移线(沿  $45^\circ$  方向)。

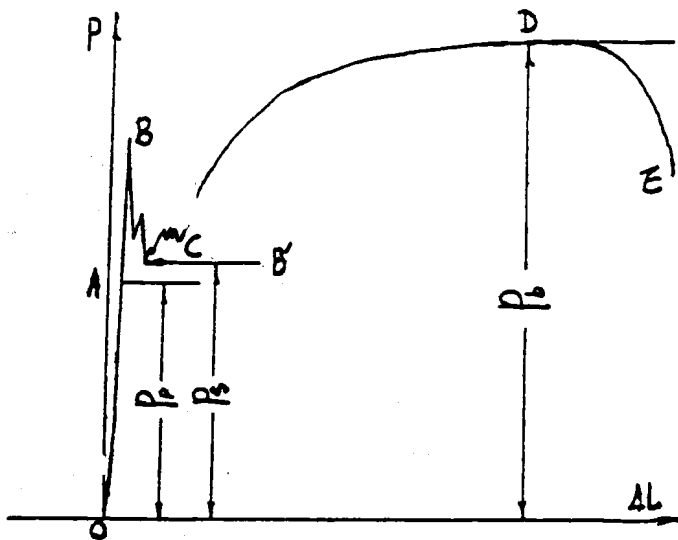


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

(2)过了屈服阶段,在达到最大截荷  $P_b$  以前,伸长在标距范围内均匀分布。从最大载

荷开始就产生局部伸长和颈缩。细颈出现后,该处截面积迅速缩小,继续拉伸所需要的载荷也就变小了,直到 E 点断裂为止。最初在加载荷时,测力指针在随载荷的增加而向前移动,同时它又推动另一指针(副针)前进,一旦达到最大载荷  $P_b$  时,测力指针开始后退,而副针则停留在载荷最大的刻度上,它指示的数值即为最大载荷  $P_b$ 。

3、取下试件,将两段对紧在一起,用卡尺测取标距长度  $L_1$  及断口直径  $d_1$  ( $d_1$  在互相垂直的方向测量两次取其平均值)。

铸铁(HT15-33)试件实验时,需根据截面积及强度极限估算最大数值,仿上步骤开动试验机进行试验,铸铁试件在变形极小时就达到最大载荷,从而突然断裂,没有屈服和颈缩现象,试验只要求记录断裂时的最大载荷  $P_b$ 。

### 五、实验结果处理:

根据屈服载荷  $P_s$  及最大载荷  $P_b$  计算屈服极限  $\sigma_s$  与强度极限  $\sigma_b$ 。根据试验前后标距长度及截面面积计算延伸率  $\delta$  及面积收缩率  $\psi$ 。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \qquad \sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \qquad \psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

其中  $F_0$  为试件实验前的截面积,  $F_1$  为断口处的截面积。

在计算  $\delta$  时应注意,  $L_1$  的长度与断口的位置有关,在标距内各处的残余伸长不是均匀分布的,愈近断口处伸长愈大(图 1-3),当断口不在试件标距长度的中央三分之一区段内时,需要采用断口移中的方法,以度量试件拉断后的标距  $L_1$ 。设两标距  $C$  与  $C_1$  间共有  $n$  格,拉伸前各格的大小相等,试件断裂后在较长的右段上以近断口的一个刻度线  $d$  点起,向右取  $n/2$  格标为  $a$ ,这相当于把断口摆在标距中央,再看  $a$  至  $C_1$  有几格,则由  $a$  向左取相同的格数标为  $b$ ,令  $L'$  为  $C$  与  $b$  之间的长度,  $L''$  为  $a$ 、 $b$  间的长度,则  $L' + 2L''$  中所含的格数等于标距内的格数  $n$ ,故有  $L_1 = L' + 2L''$ 。

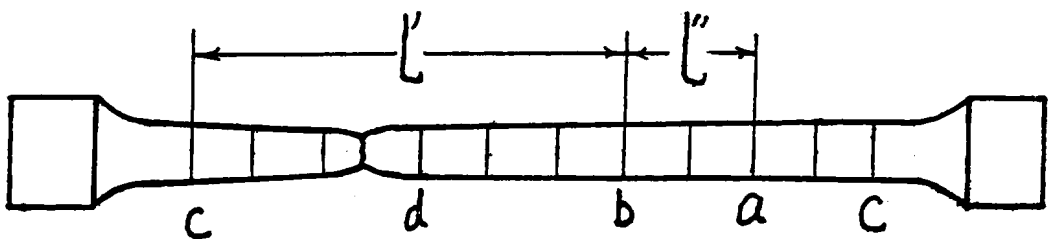


图 1-3  $L_1$  的断口移中法测量

当断口非常接近试件两端,而与其头部之距离等于或小于直径的两倍时,一般认为试

验结果无效,需要重作。

#### 六、思考题:

- 1、由拉伸破坏试验所确定的材料性能的数值有何实用价值?
- 2、为何在拉伸试验中必须采用标准试件?若材料和直径相同而标距不同的试件延伸率是否相同?
- 3、低碳钢和铸铁试件的断口有什么不同之处,为什么?



## 实验二 低碳钢和铸铁的压缩试验

### 一、目的：

- 1、确定压缩时低碳钢的屈服极限  $\sigma_s$  及铸铁的强度极限  $\sigma_b$ 。
- 2、观察低碳钢和铸铁试件压缩时的变形和破坏现象并进行比较。

### 二、设备：

- 1、万能试验机；
- 2、游标卡尺。

### 三、原理及装置：

低碳钢和铸铁等金属材料的压缩试件通常采用圆柱形，其一般规定为： $1 \leq h/d \leq 3$ ，如图 2-1(a) 所示。实际上脆性材料可达到的最大高度为  $h_0 = 3d_0$ ，而塑性材料在  $h_0 = (1 \sim 1.5)d_0$  为宜，否则在塑性变形阶段将出现弯曲变形，这就是压缩试验的条件限制，只有在相同的试验条件下，才能对不同材料的机械性质进行比较。图 2-1(b)、(c) 中给出了低碳钢与铸铁的压缩曲线。

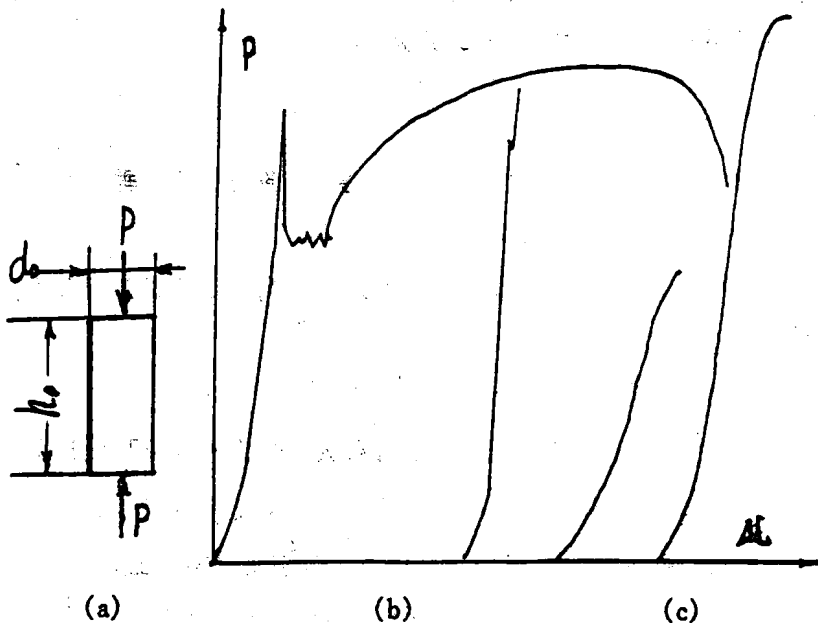


图 2-1 压缩试件及压缩曲线

试验表明:在低碳钢受压时,当压力不超过屈服极限 $\sigma_s$ 时其拉伸与压缩的 $P-\Delta l$ 曲线是重合的,这也就是假定塑性材料是拉压等强度材料的根据。当应力达到屈服极限 $\sigma_s$ 时,其显示出与拉伸时相似的屈服现象,但整个屈服过程要比受拉时短得多。过了屈服阶段后,试件塑性变形迅速地增长,横截面积也随之增大,增大的面积能承受更大的负荷,所以试件不会压断,也测不出材料压缩时的强度极限。

脆性材料受压时的力学性质与受拉时有很大的差别。图2-1(c)是铸铁的压缩、拉伸曲线。压缩图与拉伸图相似,但压缩时变形要比拉伸时的大,压缩时的强度极限是拉伸时的3-5倍,抗压能力显著的高于抗拉能力,这是脆性材料所具有的特性。

试件受压时,其破坏形式与材料的性质及端面支承情况有关。对于塑性材料,在试验过程中其只有侧向扩张,即高度减低断面扩大形成一鼓形。若压力继续增加,则可压成饼状,如图2-2(a)所示。脆性材料受压时,沿斜截面发生剪切错动而

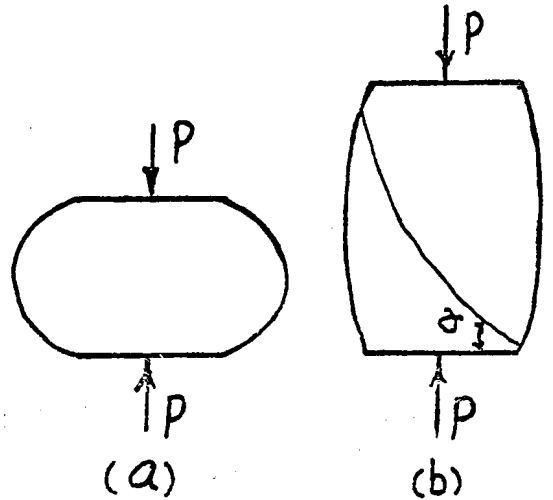


图2-2 低碳钢和铸铁受压时变形破坏图

破坏。由理论分析知最大的剪应力发生在与轴线成 $45^\circ$ 的斜截面上,故铸铁在轴向压缩条件下的破坏形式是剪断的,如图2-2(b)所示。

#### 四、实验步骤:

1、测量试件尺寸,即试件两端及中间三处的直径,各处相互垂直的方向各测一次,取平均值最小的一处为计算截面面积之用。

2、根据试件尺寸及材料的强度极限估算最大载荷 $P$ ,并选用试验机量程,调整测力盘或指针,使指针对零点。

3、将试件放在垫板上,调好绘图位置。

4、预加少量的初载( $\sigma < \sigma_s$ )以检查试验机加载及绘图装置是否工作正常。

5、对低碳钢( $A_3$ )试件应缓慢均匀加载,在弹性范围内主动针匀速转动,当试件屈服时,指针速度迅速减慢(有时指针来回摆动,但不像拉伸时那样明显)。故测取 $P_s$ 时要特别细心观察指针所指数值的变化及绘图器所绘曲线的变化。当载荷不断增加试件发生明显变形后即可停车。

6、对铸铁(HT15-33)试件应缓慢加载到破坏,记取  $P_b$  值。

### 五、试验结果的处理:

1、由测得的  $P_s$ 、 $P_b$ , 分别计算低碳钢的屈服极限和铸铁的强度极限。

$$\sigma_s = P_s / F_0 \qquad \sigma_b = P_b / F_0$$

2、绘出低碳钢和铸铁试件试验前后的图形并比较说明两种材料机械性质的特点。

### 六、注意事项:

1、试车时空升试验机试台,使试件随之上升,当上压头接近试件时(注意勿使二者接触受力)减慢试台上升速度,以免急剧加载。

2、铸铁试件受力后应进行防护,以免试件压坏后飞出伤人。

### 七、思考题:

1、由拉伸和压缩试验所测得的低碳钢屈服极限的差别如何? 铸铁强度极限的差别如何?

2、为什么说压缩试验是有条件的? 其条件是什么?

3、为什么铸铁试件沿着与轴线大约成  $45^\circ$  倾斜的截面破坏?

## 实验三 金属材料弹性模量(E)和泊松比( $\mu$ )的测定

### 一、目的:

- 1、了解电测应力分析的基本原理和电阻应变仪的使用方法;
- 2、测定低碳钢的弹性模量(E)和泊松比( $\mu$ )。

### 二、设备:

- 1、万能试验机;
- 2、电阻应变仪;
- 3、预调平衡箱;
- 4、游标卡尺。

### 三、原理及装置:

测定钢材的弹性模量(E)及泊松比( $\mu$ )时,一般采用在比例极限内的拉伸试验,试件为扁形(图3-1)。在一般轴向拉伸的情况下拉伸是主要的因素,但由于种种原因,如试件夹持偏心等也可能产生附加弯曲。因此在贴片布置时按下图处理。在试件中面的两侧对应点各贴一电阻片,然后取其应变的平均值就可以消除部分弯曲的影响。

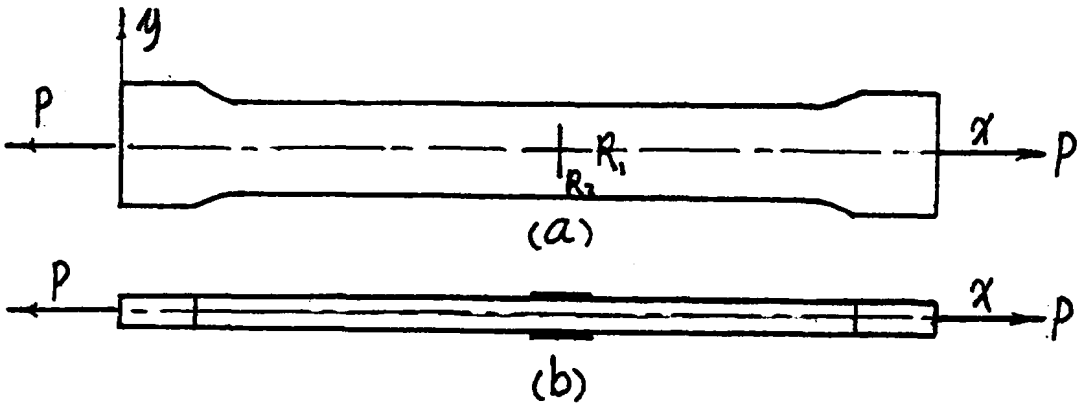


图3-1 拉伸扁试件及其布片受力图

在试件中面某部位的两侧,分别贴上两片纵向和横向的电阻片。将  $R_1$ 、 $R'_1$ 、 $R_2$  和  $R'_2$  作为测量片连接于电桥的一臂,补偿片  $R_3$  则用同样的一个电阻片贴在与试件材料、

尺寸相同的另一块不受力的试件上,试验时放在受力试件附近。测量片和补偿片接线方法如图 3-2。在分别测出纵向应变  $\epsilon_x$  和横向应变  $\epsilon_y$  后,根据虎克定律有:

$$\Delta\sigma = E\Delta\epsilon$$

式中  $\Delta\sigma = \Delta P/F$

故有  $E = \Delta\sigma/\Delta\epsilon_x = \Delta P/F\Delta\epsilon_x$

式中  $F$  为试件横截面面积,  $\Delta P$  为载荷增量,  $\Delta\epsilon_x$  为对应  $\Delta P$  的轴向应变增量。因为我们测得的是微应变 ( $1\mu\epsilon = 1 \times 10^{-6}\epsilon$ ) 所以上式又可写成:

$$E = \frac{\Delta P \times 10^6}{F \Delta\mu\epsilon_x} \quad \mu = \left| \frac{\Delta\mu\epsilon_y}{\Delta\mu\epsilon_x} \right|$$

式中  $\Delta\mu\epsilon_y$  为相对应同一  $\Delta P$  的横向应变增量。

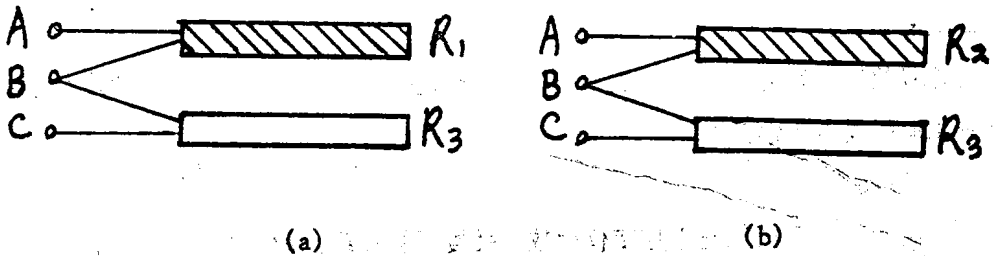


图 3-2 补偿桥接线法

通过实验我们可以看到,多次测量同一物理量时,每次测得的数据并不完全相同。这是因为客观因素复杂,不可避免地产生了误差。由统计理论可知,多次测量同一物理量时,所得各次数据的算术平均值为最优值。为达到一定的实验精度,我们采用每次增加相同的载荷  $\Delta P$ , 测出相应的应变增量  $\Delta\mu\epsilon$ , 然后取各次应变增量的平均值  $\overline{\Delta\mu\epsilon}$  作为计算值之用。这种方法就叫增量法。如每增加同样大小的载荷  $\Delta P$ , 相应的由应变仪测得的应变增量的数值大致相等, 这就验证了虎克定理的正确性, 将  $\overline{\Delta\mu\epsilon}$  代入  $E, \mu$  的表达式, 则有:

$$E = \frac{\Delta P \times 10^6}{F \overline{\Delta\mu\epsilon_x}} \quad \mu = \left| \frac{\overline{\Delta\mu\epsilon_y}}{\overline{\Delta\mu\epsilon_x}} \right|$$

其中  $\overline{\Delta\mu\epsilon_x} = \frac{1}{n} \sum \Delta\mu\epsilon_x$ ,  $\overline{\Delta\mu\epsilon_x}$  即为  $R_1$  和  $R_2$  在各次加载时所测得的应变增量。 $\overline{\Delta\mu\epsilon_y}$  的处理方法与  $\overline{\Delta\mu\epsilon_x}$  相同。

#### 四、试验步骤:

1、在标距长度内测量试件两端及中间三处截面的尺寸, 取三处尺寸的平均值计算截面积  $F$ 。

2、拟定加载方案,其根据以下几点来考虑:

- (1)因在弹性范围内做试验,故最终应力不能超过 $\sigma_s$ ,但也不能低于其一半;
- (2)最终载荷要与试验机的测力范围相适应;
- (3)最终应变要与应变仪的量程相适应;
- (4)至少应有5~6级加载,每级加载要使仪器的指示装置有明显的变化。

3、试验机的准备:

- (1)复习试验机的操作规程;
- (2)根据最终载荷的大小选用量程,测力指针调零。

4、安装试件。

5、学习电阻应变仪的操作规程,在其正常工作后将电阻片的引线按半桥接到平衡箱上并与应变仪联接。

6、检查试车:

经教师检查许可后,开车预加载荷至最终数值,然后卸载至初载以内(保持较小载荷)以检查试验机是否正常工作。

7、进行试验:

用慢速逐渐加至初载,记取应变仪读数。缓慢逐级加载,每增加一次载荷,记录各点相应的应变值一次,直至最终载荷。随时估算先后两次应变的差值,以判断试验工作是否正常。可卸载至初载以内轮换实验。

## 五、实验结果处理:

1、计算

$$E = \frac{\Delta P \times 10^6}{F \Delta \mu \epsilon_x} \quad \mu = \left| \frac{\Delta \mu \epsilon_y}{\Delta \mu \epsilon_x} \right|$$

2、作图( $\sigma - \epsilon$ )并观察初各点是否近似在一条线上,以验证虎克定理(数据取x向的任一组即可)。

## 六、思考题:

- 1、用逐级加载法所求得的弹性模量(E)与一次加载到最终值所求得的值是否相同?
- 2、影响实验精度的因素是什么?
- 3、为什么在拉伸破坏实验中计算截面积取三处中最小的,而在测定弹性模量和泊松比时则取三处截面积的平均值?

注:有关电测应力分析的基本原理及贴片方法请参阅附录一、二。

## 实验四 低碳钢和铸铁的扭转试验

### 一、目的：

- 1、测量低碳钢的剪切屈服极限( $\tau_s$ )、剪切强度极限( $\tau_b$ )及相对扭转角( $\theta$ )；
- 2、测量铸铁的剪切强度极限( $\tau_b$ )和相对扭转角( $\theta$ )；
- 3、观察试件从开始受扭矩作用到被破坏的全过程，同时记录试件受力与变形之间的对应数据，并据此作  $M_n-\phi$  图。

### 二、设备：

- 1、扭转试验机；
- 2、游标卡尺。

### 三、原理：

圆轴承受扭矩作用时，材料完全处于纯剪切应力状态。因此，常用扭转试验来研究不同材料在纯剪切作用下的机械性质。这是因为圆形试件受扭时，其从开始变形直至破坏的整个过程中的表现为：试件的长度和半径保持不变，外观仍保持为圆形，塑性变形沿其纵向及径向由小至大连续分布，在试件横截面的表面变形均匀且相等。这就能精确地测出塑性金属材料的塑性变形能力和形变抗力。即是塑性极好的金属材料也能在扭转时发生断裂，这是拉伸(出现颈缩)和压缩(出现鼓形)试验无法比拟的。本试验采用圆形截面试件(图 4-1a)，使用低碳钢试件，在 NJ-100B 型扭转试验机上用记录器记录的扭转图( $M_n-\phi$  曲线，即图 4-1b)的形状与拉伸图相似，更准确些说与其在颈缩现象形成以前的那一部分相似，扭矩在  $M_p$  以内，材料完全处于弹性应力状态。

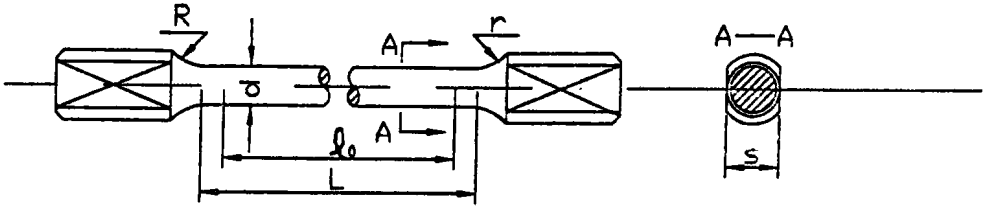
扭矩超过  $M_p$  后，试件横截面上的剪应力发生变化(图 4-2)。在标距  $L_0$  内试件的外表面处材料将首先达到比例极限或屈服极限，随着扭矩的增加，形成环形塑性区，同时  $M_n-\phi$  图变成曲线(图 4-1b)，故  $M_p$  是外沿处应力等于剪切比例极限( $\tau_p$ )时的扭矩。

此后试件继续扭转变形，塑性区不断向内扩展， $M_n-\phi$  曲线出现波动(锯齿形)或趋于水平，扭矩盘上的指针来回摆动或停滞——即扭矩值不再增加或还在减小，但扭转角却在继续增加，塑性区占据了大部分截面。这样就可以近似地假定此时整个横截面上各点处的应力已同时达到屈服极限  $\tau_s$ 。若令  $M_s$  表示整个试件横截面上的应力处于屈服极限

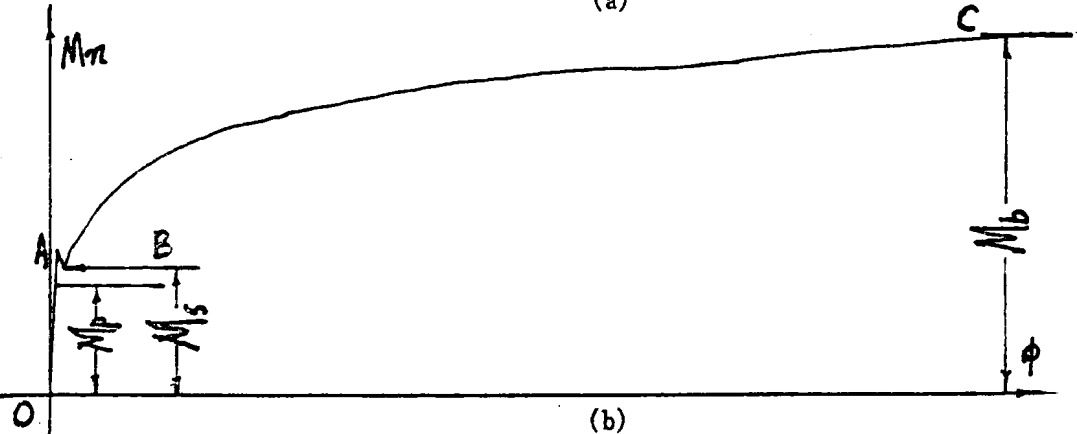
$\tau$  时所受的扭矩值, 则此扭矩值可由下式求得:

$$M_s = \int F \rho T_r dF$$

将式中  $dF$  用环状面积元素  $2\pi\rho d\rho$  代入上式, 则有:

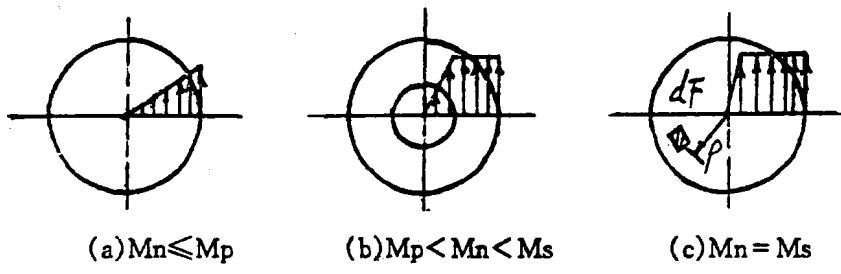


(a)



(b)

图 4-1 低碳钢的扭转试件及扭转曲线



(a)  $M_n \leq M_p$

(b)  $M_p < M_n < M_s$

(c)  $M_n = M_s$

图 4-2 截面上的剪应力分布图

$$M_s = 2\pi T_r \int_0^r \rho^2 d\rho = \frac{2}{3} \pi T_r r^3 = \frac{2}{3} \pi T_r \frac{d^3}{8} = \frac{4}{3} T_r W_n$$

故有:

$$T_r = \frac{3M_s}{4W_n} \tag{4-1}$$

式中  $W_n = \frac{\pi d^3}{16}$  为试件的抗扭截面模量。



试件继续变形,材料进一步强化,到达  $M_n-\phi$  曲线上 C 点时试件被破坏。由扭矩表上的副针读出最大扭矩  $M_b$ ,同时从刻度环上读出扭转角  $\phi$ ,此时认为横截面上的应力达到强度极限  $\tau_b$  与求  $\tau_s$  值相似,可以近似地按下式计算  $\tau_b$ :

$$\tau_b = \frac{3M_b}{4W_n} \quad (4-2)$$

铸铁的  $M_n-\phi$  曲线如图 4-3a,从变形开始直到破坏为一光滑曲线——即材料无屈服现象,故其剪切强度极限  $\tau_b$  用圆轴扭转时的弹性应力公式计算:

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_n} \quad (4-3)$$

通过试验,从被破坏的试件断口我们可以清楚地看到:低碳钢和铸铁试件的断口是两种完全不同的形状,一种为与轴线大致成垂直的方向断裂,而另一种则为大致沿与轴线成  $45^\circ$  的螺旋面断裂。为什么会有两种结果呢?现在我们从分析试件受扭时的应力状态入手来回答这一问题。试件受扭,材料完全处于纯剪切应力状态( $\sigma_1 = \tau, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = -\tau$ ),在与轴线成  $\pm 45^\circ$  的螺旋面上,分别受最大拉压应力  $\sigma_1, \sigma_3$  的作用,在与轴线垂直的面上有最大剪应力作用(图 4-3b)。低碳钢的抗压能力、抗拉能力大于抗剪能力( $\tau < \sigma_{拉} = \sigma_{压}$ )。一般的材料力学书上给定的关系式为:  $[\tau] = (0.5 \sim 0.8)[\sigma]$ 。故其只能被剪断,也就是说断口在与轴线成大致垂直的方向(图 4-3c)。而铸铁的抗压能力大于抗剪能力,同时它们又大于抗拉能力( $\sigma_{拉} < \tau < \sigma_{压}$ ),一般的教科书上给出  $[\tau] = (0.8 \sim 1.0)[\sigma_b]$ ,在陆志鸿所著《金属材料试验法》一书中给出  $\tau_b = (1.1 \sim 1.3)\sigma_b$ ,所以其断口在与轴线成  $45^\circ$  的螺旋面上,是被拉断的(图 4-3d)。

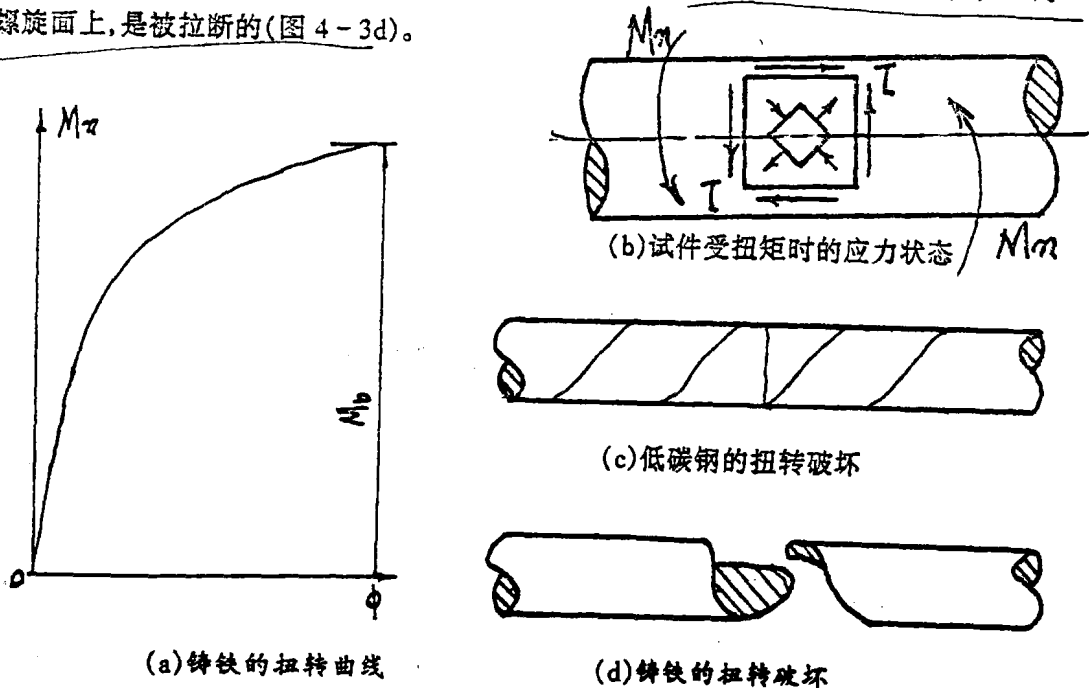


图 4-3