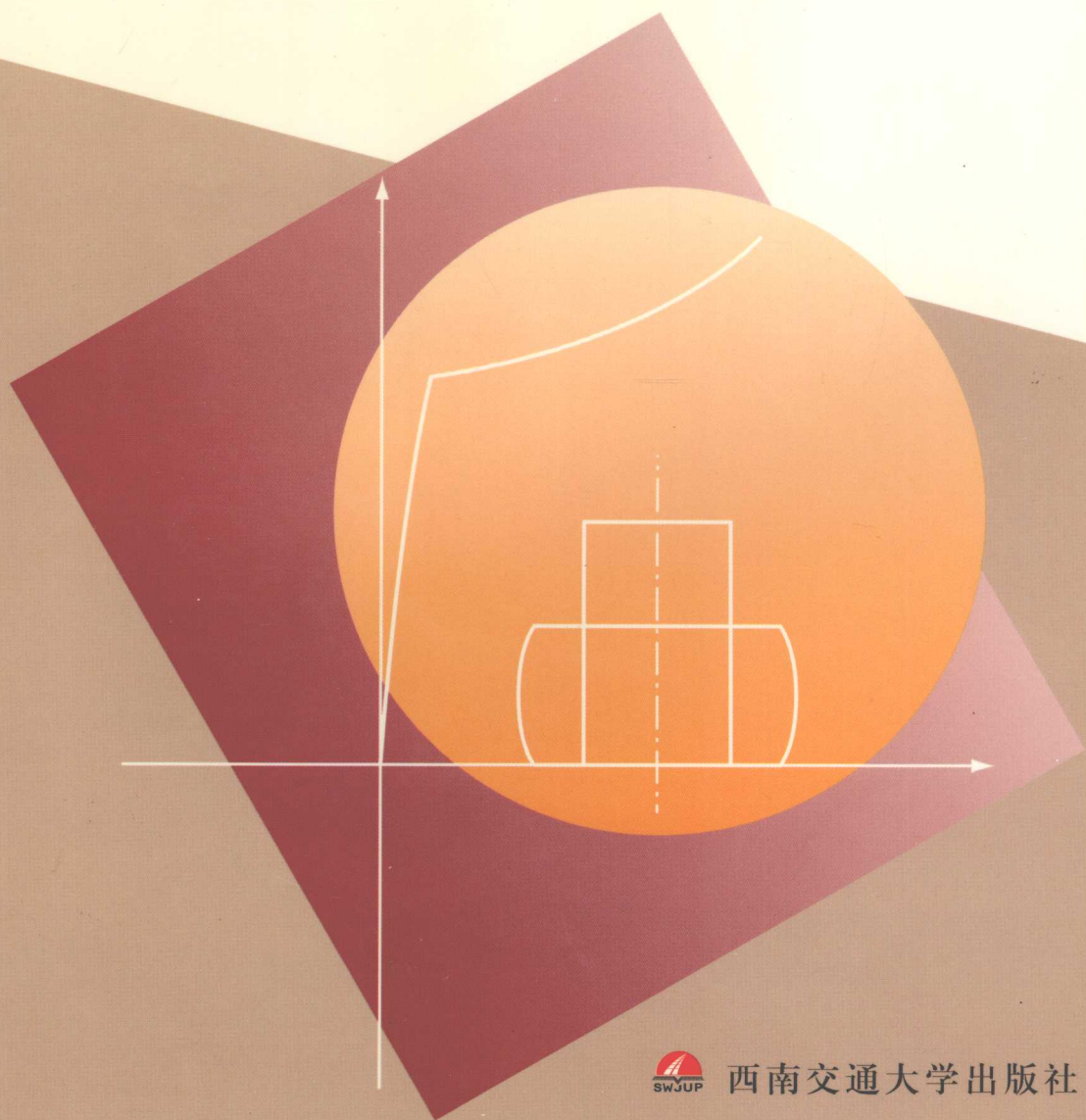


建筑力学实验

苏显文 主编 高德蓉 主审



西南交通大学出版社

要 點

建筑力学实验

(土建类专业)

苏显文 主编

高德蓉 主审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书根据 2001 年铁路系统力学课程组修订的高等职业技术教育土建类专业通用的《建筑力学教学大纲》编写而成。

本书包括轴向拉伸、轴向压缩、弹性模量 E 的测定, 直梁纯弯曲正应力、直梁位移的测定以及常用实验设备及仪器的简介。

本书可作为高等职业技术教育土建类各专业建筑力学实验课教材, 也可供普通中等专业学校相关专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学实验 / 苏显文主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2003.9

ISBN 7-81057-774-3

I. 建... II. 苏... III. 建筑力学 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. TU311-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 079169 号

建筑力学实验

苏显文 主编

*

责任编辑 刘莉东

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

西南冶金地质印刷厂印刷

*

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 3.25

字数: 68 千字 印数: 1—4000 册

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-774-3/TU · 320

定价: 5.50 元

前言

第一部分 基本实验及实验报告

本书根据 2001 年铁路系统力学课程组修订的高等职业技术教育土建类专业通用的《建筑力学教学大纲》编写而成。适用于高等职业技术教育土建类各专业建筑力学实验课的教学,也可供普通中等专业学校相关专业的学生使用。

建筑力学实验是建筑力学课程的重要组成部分,是土建类专业学生必备的基本能力训练,也是工程技术人员必须掌握的一项基本技能。通过实验教学,使学生掌握力学实验的基本方法和基本技能,培养学生的动手能力及综合应用基础理论和实验手段解决工程实际问题的能力。

全书分三部分。第一部分为基本实验和实验报告,包括轴向拉伸、轴向压缩、弹性模量 E 的测定,直梁纯弯曲正应力的测定,直梁截面位移和转角测定等五个建筑力学基本实验。并介绍了每个实验的目的、原理、所用设备的名称、操作步骤、注意事项及讨论题,以便学生预习思考。第二部分为常用实验设备和仪器的简介,介绍了液压式万能材料试验机、引伸仪、弯曲试验台和电阻应变仪。第三部分为数值修约规则规定(摘要)。

本书由陕西铁路工程职业技术学院苏显文主编、成都铁路工程学校高德蓉主审。

本书编写中得到郑州铁路职业技术学院徐广民老师和成都铁路工程学校蔺学明老师的支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,本书难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2003 年 6 月

第一部分 基本实验及实验报告

目 录

第一部分 基本实验及实验报告

实验一 拉伸实验	1
实验二 压缩实验	9
实验三 弹性模量 E 的测定实验	14
实验四 直梁纯弯曲正应力的测定实验	20
实验五 直梁位移的测定实验	26

第二部分 实验设备和仪器

液压式万能试验机	31
引伸仪	34
弯曲试验台	38
静态电阻应变仪	38

附录 数值修约规则和部分力学性能修约规定 (摘要)	44
---------------------------	----

参考文献	45
------	----

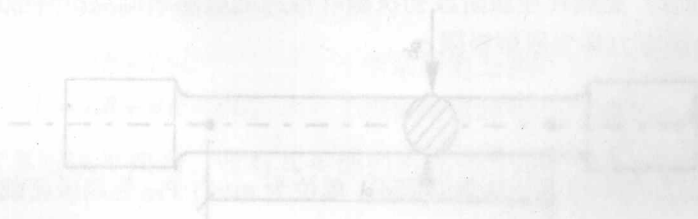
短两种。如标准圆截面试件有

长试件 $l_0 = 10d_0$

短试件 $l_0 = 5d_0$

式中, l_0 为圆形截面试件的标距长度; d_0 为试样在标距内的初始直径, 通常为 3~25 mm, 多数情况下取 $d_0 = 10$ mm。

试件一般有四种形式: 双肩头型试件、单肩头型试件、螺纹头型试件和光面圆柱形头型试件。图 1.1 为光面圆柱形头型试件的简图及加工要求。为测定低碳钢的断后伸长率 δ , 需用刻线机 (或小钢冲) 在试样标距范围内刻画圆周线 (或打小冲点), 将标距分为均匀的 10 格。



第一部分 基本实验及实验报告

实验一 拉伸实验

一、实验目的

- ① 测定低碳钢拉伸时的屈服极限 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。
- ② 测定铸铁拉伸时的强度极限 σ_b 。
- ③ 观察拉伸过程的几个阶段、现象及荷载—伸长曲线。
- ④ 比较低碳钢与铸铁抗拉性能的特点，并进行断口分析。

二、实验设备及工具

- ① 万能试验机或拉力试验机
- ② 刻线机或小钢冲
- ③ 游标卡尺

三、试件

为了便于比较各种材料的力学性能，必须先将欲测试材料加工成试件。

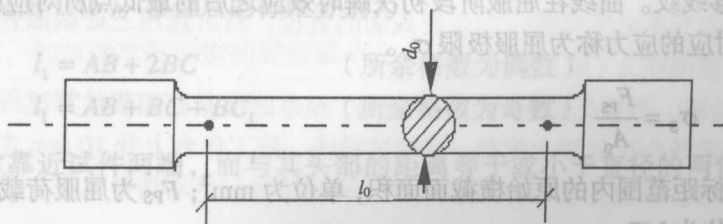
拉伸试件。试件加工需按《金属拉伸实验试样》(GB6397-86)的有关要求进行，分为长、短两种。如标准圆截面试件有

长试件 $l_0 = 10d_0$

短试件 $l_0 = 5d_0$

式中， l_0 为圆形截面试件的标距长度； d_0 为试样在标距内的初始直径，通常为3~25mm，多数情况下取 $d_0 = 10\text{mm}$ 。

试件一般有四种形式：双肩头部试件、单肩头部试件、螺纹头部试件和光面圆柱形头部试件。图1.1为光面圆柱形头部试件的简图及加工要求。为测定低碳钢的断后伸长率 δ ，需用刻线机（或小钢冲）在试样标距范围内刻画圆周线（或打小冲点），将标距 l_0 分为等长的10格。



(a)



(b)

图 1.1 拉伸试件

四、实验原理

拉伸实验是测定材料力学性能最基本的实验之一。材料的力学性能如屈服点、抗拉强度、断后伸长率和断面收缩率等都是由拉伸实验测定的。

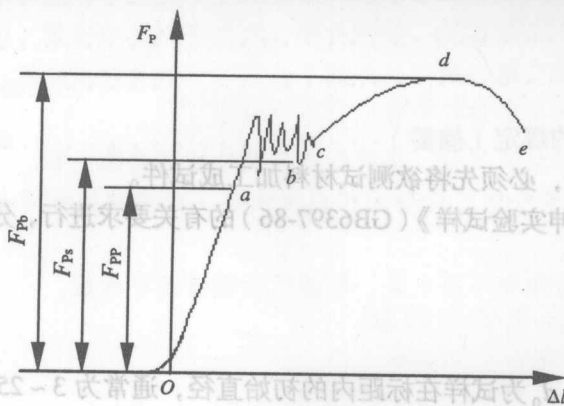
(一) 低碳钢

1. 荷载—伸长曲线的绘制

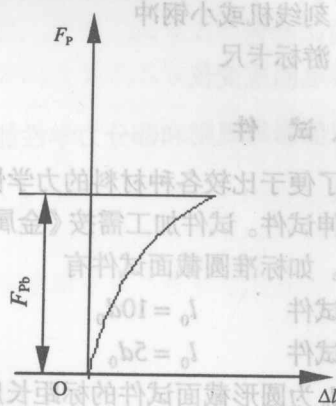
通过试验机绘图装置可自动绘成以轴向力 F_p 为纵坐标、试件伸长量 Δl 为横坐标的荷载—伸长曲线 ($F_p - \Delta l$ 图), 如图 1.2 (a) 所示。低碳钢的荷载—伸长曲线是一种典型的形式, 整个拉伸变形分四个阶段。即弹性阶段、屈服阶段、强化阶段和缩颈阶段。

2. 屈服点的测定

图中最初画出一小段曲线, 是由于试件装夹间隙所致。载荷增加, 变形与载荷成正比增加, 在 $F_p - \Delta l$ 图上为一直线, 此即直线弹性阶段。过了直线弹性阶段, 尚有一极小的非直线弹性阶段。因此, 弹性阶段包括直线弹性阶段和非直线弹性阶段。



(a)



(b)

图 1.2 低碳钢及铸铁拉伸图

当载荷增加到一定程度, 测力指针往回偏转, 继而缓慢地来回摆动。相应地在 $F_p - \Delta l$ 图上画出一段锯齿形曲线, 此段即屈服阶段。经过抛光的试样, 在屈服阶段可以观察到与轴线大约成 45° 的滑移线纹。曲线在屈服阶段初次瞬时效应之后的最低点所对应的荷载作为屈服荷载 F_{PS} , 与其对应的应力称为屈服极限 σ_s 。

$$\sigma_s = \frac{F_{PS}}{A_0}$$

(1.1)

式中, A_0 为试件标距范围内的原始横截面面积, 单位为 mm^2 ; F_{PS} 为屈服荷载, 单位为 N; σ_s 为屈服应力, 单位为 MPa。

(2)

3. 抗拉强度的测定

过了屈服阶段,随着荷载的增加,试件恢复承载能力, $F_p - \Delta l$ 图的曲线上升,此即强化阶段。荷载增加到最大值处,测力主动指针回退。试件明显变细变长, $F_p - \Delta l$ 图的曲线下降;试件某一局部截面面积急速减小而出现“颈缩”现象,很快即被拉断,试件断裂面的两面各成凹凸状(图 1.3)。此即缩颈阶段。由测力度盘上从动指针停留处读取最大荷载值,按式(1.2)计算抗拉强度 σ_b 。

$$\sigma_b = \frac{F_{pb}}{A_0} \quad (1.2)$$

式中, F_b 、 σ_b 、 A_0 的单位分别为 N、MPa、 mm^2 。

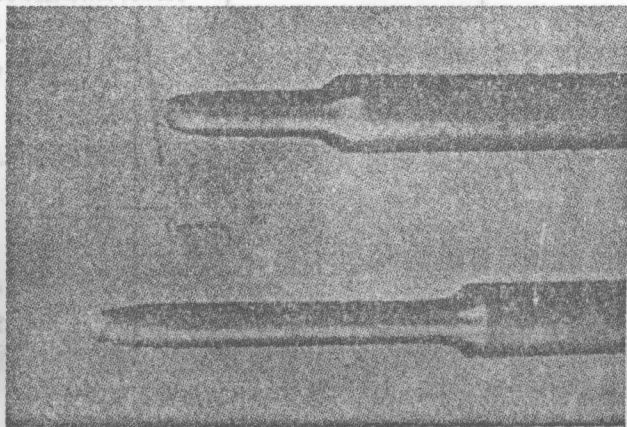


图 1.3 低碳钢试件拉断后的断口图

4. 断后伸长率的测定

试件拉断后,将两段在断裂处紧密地对接在一起,尽量使其轴线位于同一直线上,测量试件拉断后的标距。

断后标距测量方法

① 直测法。如果拉断处到较近标距端点的距离大于试件原始标距 $l_0/3$ 时,直接测量断后标距 l_1 。

② 移位法。如果拉断处到较近标距端点的距离小于或等于 $l_0/3$ 时,则按下述方法测定。

在试件断后的长段上从断裂处 O 取基本等于短段的格数,得 B 点。接着取等于长段所余格数(偶数)的一半,得 C 点(见图 1.4a);或取所余格数(奇数)分别减 1 与加 1 的一半,得 C 和 C_1 点(见图 1.4b)。移位后的标距分别为

$$l_1 = AB + 2BC \quad (\text{所余格数为偶数})$$

$$l_1 = AB + BC + BC_1 \quad (\text{所余格数为奇数})$$

当断口非常靠近试件两端,而与其头部的距离等于或小于直径的两倍时,需重做试验。

断后伸长率 δ 按式(1.3)计算

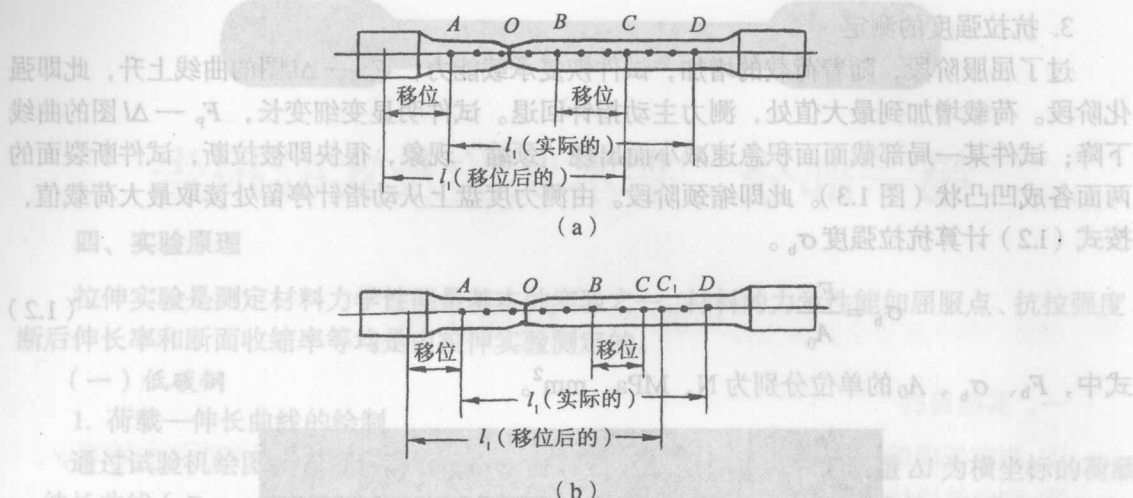


图 1.4 测量断后标距的位移法

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1.3)$$

式中, l_0 为初始标距; l_1 为断后标距。

5. 断面收缩率的测定

测出试件断后颈缩处最小横截面上两个互相垂直方向上的直径, 取其算术平均值计算出最小横截面面积, 断面收缩率 ψ 按式 (1.4) 计算

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1.4)$$

式中, A_0 为初始截面面积; A_1 为断口处的截面面积。

(二) 铸铁

铸铁试件拉伸时, $F_p - \Delta l$ 图参见图 1.2b。曲线上无明显的直线部分, 没有屈服现象, 载荷增加到最大值处突然断裂。 F_{pb} 由从动指针读出。试件断裂后断口平齐, 塑性变形很小, 是典型的脆性材料。其抗拉强度远小于低碳钢的抗拉强度, 仍用式 (1.2) 计算。

五、实验步骤

(一) 低碳钢拉伸实验

① 准备试件。用刻线机在原始标距 l_0 范围内刻画圆周线 (或用小钢冲打小冲点), 将标距内分为等长的 10 格。用游标卡尺在试件原始标距内的两端及中间处两个相互垂直的方向上各测一次直径, 取其算术平均值作为该处截面的直径。然后选用三处截面直径的最小值来计算试件的原始截面面积 A (取三位有效数字)。

② 调整试验机。根据低碳钢的抗拉强度 σ_0 和原始横截面面积估算试件的最大载荷, 配置相应的摆锤, 选择合适的测力度盘。开动试验机, 使工作台上升 10 mm 左右, 以消除工作台系统自重的影响。调整主动指针对准零点, 从动指针与主动指针靠拢, 调整好自动绘图装置。

③ 装夹试件。先将试件装夹在上夹头内，再将下夹头移动到合适的夹持位置，最后夹紧试件下端。

④ 检查与试车。请实验指导教师检查以上步骤完成情况。开动试验机，预加少量载荷（载荷对应的应力不能超过材料的比例极限），然后卸载到零，以检查试验机工作是否正常。

⑤ 进行实验。开动试验机，缓慢而均匀地加载，仔细观察测力指针转动和绘图装置绘出 $F_p - \Delta l$ 图的情况。注意捕捉屈服荷载值，将其记录下来用以计算屈服点应力值 σ_s ，屈服阶段注意观察滑移现象。过了屈服阶段，加载速度可以快些。将要达到最大值时，注意观察“缩颈”现象。试件断后立即停车，记录最大荷载值。

⑥ 取下试件和记录纸。

⑦ 用游标卡尺测量断后标距。

⑧ 用游标卡尺测量缩颈处最小直径 d_1 。

（二）铸铁拉伸实验

① 准备试件。除不必刻线或打小冲点外，其余都同低碳钢。

② 调整试验机和自动绘图装置，装好试件，对以上工作进行检查（与低碳钢拉伸试验时的步骤相同）。

③ 进行实验。开动试验机，缓慢均匀地加载，直至试件被拉断。关闭试验机，记录拉断时的最大荷载值，取下试件和记录纸。

（三）结束实验

请指导教师检查实验记录。将实验设备、工具复原，清理实验场地。最后整理数据，完成实验报告。

六、注意事项

- ① 认真阅读试验机的构造原理、使用方法和注意事项。
- ② 调整测力指针归零时，一定要使液压式万能试验机开机，工作台上升少许。
- ③ 装夹拉伸试件必须正确，防止装错或夹持部分装夹过短。
- ④ 加载要缓慢均匀，特别是对液压式万能试验机，不能把油门开得过大。
- ⑤ 为防止损伤试验机，实验进行到屈服阶段后，所加最大载荷不得超过测力度盘的 $3/4$ 位置。

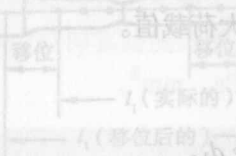
七、思考题

- ① 按什么原则选择测力度盘的量程？如何根据量程选挂摆锤？
- ② 从低碳钢和铸铁的拉伸实验，可以看出塑性材料和脆性材料的拉伸力学性能有何不同？
- ③ 实验时，如何读取低碳钢的屈服载荷？

拉伸实验报告

专业_____ 班级_____ 日期_____ 姓名_____

一、实验目的



二、实验设备和工具

$$w = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

三、实验数据记录及其处理

(一) 实验前数据

实验前数据表

材 料	初始标距 l_0 (mm)	试件直径 d (mm)				横截面 面积 A_0 (mm ²)
		截面 (上)	截面 (中)	截面 (下)	最小直径 d_0	
		d_{01}	d_{02}	d_{03}		
低碳钢						
铸 铁						

(二) 实验后数据

实验后数据表

材 料	断后标距 l_1 (mm)	断口处直径 d_1 (mm)			屈服荷载 F_{PS} (N)	最大荷载 F_{Pb} (N)
		d_1'	d_1''	d_1		
低碳钢						
铸 铁						

(三) 数据处理

1. 计算屈服极限 周压压缩实验方法》(GB7314-87)的有关要求进行,取试件高度 $h_0=(2.5-3.5)d_0$,如图1.5所示。试件两端面必须平行且与轴线垂直,以保证试件承受轴向压力。

$$\sigma_s = \frac{F_{PS}}{A_0} = \quad \text{MPa}$$

2. 计算强度极限

$$\sigma_b = \frac{F_{Pb}}{A_0} = \quad \text{MPa}$$

3. 断后伸长率

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% =$$

4. 断面收缩率

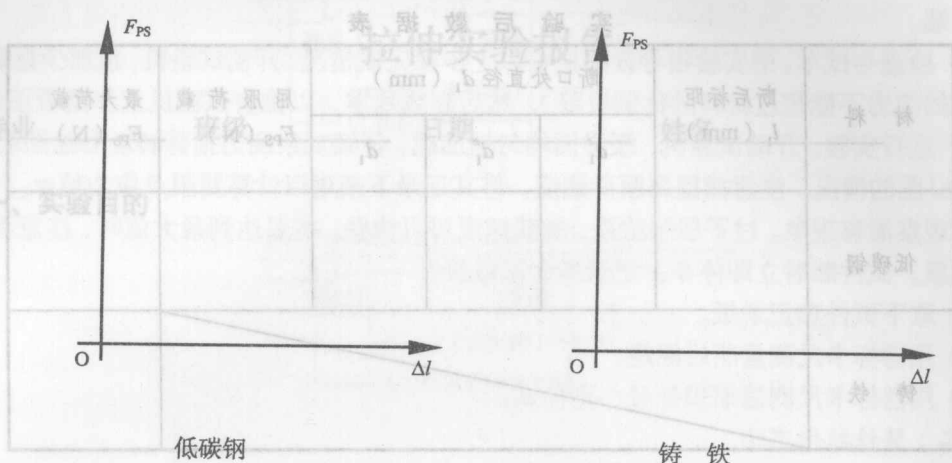
$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% =$$

5. 绘制断口形状

试样最后越压越扁,但不会破裂,故无法测出最大荷载。所以超过屈服极限后应当停止实验。

6. 绘制 $F-\Delta l$ 曲线图

拉伸实验报告 (二)



四、实验结果分析

拉伸实验报告 (三)

1. 计算屈服强度

$$\sigma_s = \frac{F_{Ps}}{A_0}$$

2. 计算抗拉强度

$$\sigma_b = \frac{F_{bP}}{A_0}$$

三、实验数据记录及其处理

(一) 实验前数据

3. 计算伸长率

实验前数据表

材料	初始标距 l_0 (mm)	试件直径 d (mm)				横截面面积 A_0 (mm ²)
		截面(上)	截面(中)	截面(下)	最小直径 d_s	
		d_u	d_m	d_n		
低碳钢						
铸铁						
		指导教师_____ 批阅日期_____				

实验二 压缩实验

一、实验目的

- ① 测定低碳钢压缩时的屈服极限 σ_s 。
- ② 测定铸铁在压缩时的抗压强度 σ_b 。
- ③ 观察铸铁在压缩时的变形和破坏现象。

二、实验设备及工具

- ① 压力机或万能试验机
- ② 游标卡尺

三、试件

试件加工需按《金属压缩实验方法》(GB7314-87)的有关要求进行,取试件高度 $h_0=(2.5 \sim 3.5)d_0$,如图 1.5 所示。试件两端面必须平行且与轴线垂直,以保证试件承受轴向压力。

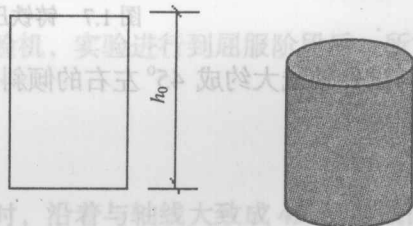


图 1.5 压缩试件

四、实验原理

当试件承受压缩时,其上下两端面与试验机支承垫之间存在很大的摩擦力,这些摩擦力阻碍试件上部和下部的横向变形。若在试件两端面涂以润滑油,就可以减小摩擦力,试件的抗压能力就会降低。可见,压缩实验是有条件的。在相同的实验条件下,才能对不同材料的压缩性能进行比较。

实验时,利用自动绘图装置绘出类似低碳钢拉伸时的荷载—变形曲线 ($F_p - \Delta l$ 图),如图 1.6 所示。

从低碳钢的压缩图(图 1.6)可以看出,低碳钢的压缩曲线有明显的弹性直线段和强化段;两段之间有拐点,该点对应的荷载即为屈服荷载 F_{Ps} 。其屈服极限为

$$\sigma_s = \frac{F_{Ps}}{A_0}$$

试样最后越压越扁,但不会破裂,故无法测出最大荷载。所以超过屈服极限后应当停止实验。

从铸铁压缩时的荷载—变形曲线（图 1.7）可以看出，与铸铁的拉伸曲线图相似。没有明显的直线段，在达到最大荷载 F_{pb} 前要出现比较大的塑性变形后才发生破裂；此时测力指针迅速倒退，由从动指针可以读出最大荷载值 F_{pb} 。铸铁的抗压强度 σ_b 按式（1.5）计算

$$\sigma_b = \frac{F_{pb}}{A_0} \quad (1.5)$$

式中， F_{pb} 、 σ_b 、 A_0 的单位分别为 N、MPa、 mm^2 。

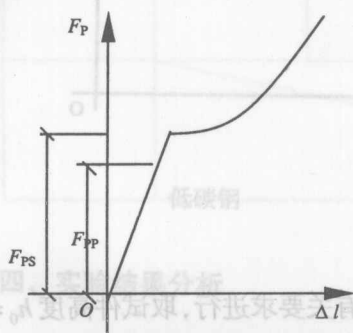


图 1.6 低碳钢压缩图

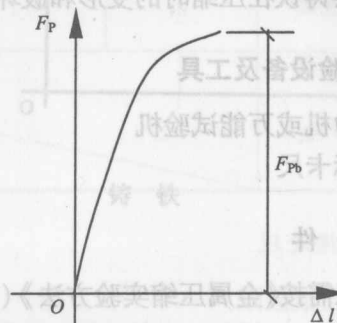


图 1.7 铸铁压缩图

铸铁试件破坏时，在表面出现与试件轴线大约成 45° 左右的倾斜裂纹。由此可见，破坏主要是由切应力引起的。

五、实验步骤

（一）低碳钢压缩实验

① 准备试件。测量试件中点处横截面两个相互垂直方向的直径，取其平均值来计算试件的原始横截面积。

② 调整试验机。使测力指针归零，将自动绘图装置调整好。

③ 放置试件。将试件两端面涂匀润滑油，尽量准确地置于试验机承压球面支座中心处，并在其周围加防护罩，使工作台上升。在试件离上承压座约 30mm 时，要急速降低工作台上升速度（急速关小送油阀）。试件临近上承压座时，稍能看出工作台上升即可。当试件接触到上承压座时停车。

④ 检查与试车。请指导教师检查以上步骤完成情况。开动试验机，预加少量载荷，然后卸载到零，检查试验机工作是否正常和对试样的加载是否正常。

⑤ 进行实验。缓慢均匀地加载，观察变形情况，测出屈服荷载 F_{ps} 后关闭送油阀并停车。记录屈服荷载 F_{ps} 。

（二）铸铁压缩试验

① 准备试件。测量试件中点处横截面两个相互垂直方向的直径，取其平均值来计算试件的原始横截面积。

② 调整试验机。使测力指针归零，将自动绘图装置调整好。

③ 放置试样。将试件两端面涂匀润滑油，尽量准确地置于试验机承压球面支座中心处，

并在其周围加防护罩,使工作台上升。在试件离上承压座约 30mm 时,要急速降低工作台上升速度(急速关小送油阀)。试样临近上承压座时,稍能看出工作台上升即可。当试件接触到上承压座时停车。

④ 检查与试车。请指导教师检查以上步骤完成情况。开动试验机,预加少量载荷,然后卸载到零,检查试验机工作是否正常和对试件的加载是否正常。

⑤ 进行实验。缓慢均匀地加载,直至试件破裂时停车。记录破裂时的最大荷载值 F_{Pb} 。

(三) 结束实验

请指导教师检查实验记录。将实验设备、工具复原,清理实验现场。最后整理数据,完成实验报告。

六、注意事项

- ① 认真阅读试验机的构造原理、使用方法和注意事项。
- ② 调整测力指针归零时,一定要使液压式万能试验机开机,工作台上升少许。
- ③ 放置铸铁压缩试件时,必须在其周围加防护罩,以免试件破裂时碎片飞出伤人。
- ④ 加载要缓慢均匀,特别是对液压式万能试验机,不能把油门开得过大。在压缩试件顶端与上承压座将要接触时,急速关小送油阀,以避免发生突然加载或超载,使实验失败,甚至造成事故。
- ⑤ 为防止损伤试验机,实验进行到屈服阶段后,所加最大荷载不得超过测力度盘的 3/4 位置。

七、思考题

- ① 铸铁试件压缩时,沿着与轴线大致成 45° 的斜截面破裂是什么原因?
- ② 从低碳钢和铸铁的压缩试验,可以看出塑性材料和脆性材料的压缩力学性能有何不同?

试件名称	(mm) ϕ_b 试直标号			高度 (mm) ϕ_h	材料
	试平	ϕ_b	ϕ_b		
					铸铁
					低碳钢
					材料

压缩实验报告

专业 _____ 班级 _____ 日期 _____ 姓名 _____

一、实验目的

二、实验设备和工具

三、实验数据记录及其处理

(一) 实验前数据

实验前数据表

材料	高度 h_0 (mm)	试件直径 d_0 (mm)			横截面面积 A_0 (mm ²)
		d_1	d_2	平均	
低碳钢					
铸铁					

(二) 实验数据记录及其计算

低碳钢试件的屈服荷载 $F_{PS} =$ N

铸铁试件的最大荷载 $F_{pb} =$ N

低碳钢的屈服极限 $\sigma_s = \frac{F_{PS}}{A_0} =$ MPa