

CAILIAO LIXUE SHIYAN ZHIDAO

最新规范

全国大学版协优秀畅销书

材料力学 实验指导

主 编 黄剑峰 龙立焱



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

材料力学实验指导

主编 黄剑峰 龙立焱

重庆大学出版社

内容提要

本书按照最新颁布的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”中“材料力学实验”核心实践单元所要求的知识与技能点进行编写。本书共5个实验,主要介绍了材料力学实验教学大纲所要求的基本实验内容,包括金属材料的拉伸实验、金属材料的压缩实验、金属材料的扭转实验、梁的弯曲正应力实验及弯扭组合变形的应力电测实验。实验指导内容包括实验目的、实验仪器和设备、实验原理、实验步骤及实验结果处理等。书中附录还介绍了有关实验仪器设备的使用和电测法,并附有每个实验的实验报告单。

本书可作为土建水利类及机械类专业材料力学课程理论教学的配套教材——材料力学基本实验指导书。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学实验指导/黄剑峰,龙立焱主编. —重庆:
重庆大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5624-7727-3

I. ①材… II. ①黄… ②龙… III. ①材料力学—实
验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TB301—33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第214931号

材料力学实验指导

主编 黄剑峰 龙立焱

策划编辑:彭 宁 何 梅 曾 艳

责任编辑:李定群 高鸿宽 版式设计:彭 宁 何 梅 曾 艳

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:4 字数:100千

2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-7727-3 定价:10.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

学 院：_____

专业年级：_____

姓 名：_____

学 号：_____

教学班号：_____

试验组别：_____

前言

本书是按照最新颁布的“高等学校土木工程本科指导性专业规范”编写的。材料力学实验在材料力学课程中有着重要的地位。它将巩固和加深学生对课堂上所讲授的理论概念和公式的理解,并对材料力学性质有一个直观的认识,以便更好地掌握工程中的一些力学概念(如塑性、脆性和强度等)。另外,它作为工程测试的入门实验,使学生了解工程测试的基本原理和技术手段,对提高学生的思维能力、科研动手能力和培养学生对实际工程的测试技能都有很大的帮助。学生通过做实验,用理论来解释、分析实验结果,又以实验结果来证明理论,互相印证,以达到巩固理论知识和学会实验方法的双重目的。

本书是根据云南农业大学工科专业基础实验教学中心开设的材料力学实验课程内容和实验仪器设备情况而编写的,由金属材料的拉伸、压缩、扭转实验,梁的弯曲正应力实验,弯扭组合变形的应力电测实验,以及相关设备仪器介绍组成。

本书包括五大实验内容,共计 10 学时。其中,黄剑峰编写实验一、实验四、实验五、附录一、附录三,龙立焱编写实验二、实验三、附录二、附录四。全书由云南农业大学黄剑峰、龙立焱担任主编。编写时,参考了相关材料力学实验教材和兄弟院校的一些资料,同时得到了云南农业大学工科专业基础实验教学中心和水利水电与建筑学院的大力支持。作者对他们表示感谢。

由于水平和时间有限,本书难免有不足和错误,望广大读者给以批评指正。

编 者

2013 年 6 月

目 录

学生实验须知	1
实验一 金属材料的拉伸实验	3
实验二 金属材料的压缩实验	9
实验三 金属材料的扭转实验	13
实验四 梁的弯曲正应力实验	18
实验五 弯扭组合变形的应力电测实验	23
附录一 电子万能试验机	29
附录二 液压式万能材料试验机	32
附录三 电阻应变测量简介	36
附录四 千分表及球铰式引伸仪	43
附录五 实验报告单	46
参考文献	56

学生实验须知

- (1) 实验前必须预习实验指导书中相关的内容,了解本次实验的目的、要求及注意事项。
- (2) 按预约实验时间准时进入实验室,不得无故迟到、早退、缺席。
- (3) 进入实验室后,不得高声喧哗和擅自乱动仪器设备,损坏仪器要赔偿。
- (4) 保持实验室整洁,不准在机器、仪器及桌面上涂写,不准乱丢纸屑,不准随地吐痰。
- (5) 实验时应严格遵守操作步骤和注意事项。实验中,若遇仪器设备发生故障,应立即向教师报告,及时检查,待排除故障后,方能继续实验。
- (6) 实验过程中,若未按操作规程操作仪器,导致仪器损坏者,将按学校有关规定进行处理。
- (7) 实验过程中,同组同学要相互配合,认真测取和记录实验数据。
- (8) 实验结束后,将仪器、工具清理且摆放整齐。不得将实验室的工具、仪器、材料等物品携带出实验室。
- (9) 实验完毕,实验数据经教师认可后方能离开实验室。
- (10) 实验报告要求字迹端正、绘图清晰、表格简明、实验结果正确。

实验一

金属材料的拉伸实验

一、实验目的

- (1) 观察与分析低碳钢、灰铸铁在拉伸过程中的力学现象,并绘制拉伸图。
- (2) 测定低碳钢的 $\sigma_s, \sigma_b, \delta, \psi$ 以及灰铸铁的 σ_b 。
- (3) 比较低碳钢与灰铸铁的力学性能。

二、实验仪器和设备

- (1) CMT 系列电子万能试验机。
- (2) 游标卡尺。

三、实验试件

实验表明,试件的尺寸和形状对试验结果有影响,为了使各种材料的试验结果具有通用

性、可比性,必须将试件尺寸、形状和试验方法统一规定,使试验标准化。本实验所用的试件参照国家标准《钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备》(GB/T 2975—1998)制备;实验方法参照国家标准《金属材料拉伸试验第 1 部分:室温试验方法》(GB/T 228. 1—2010)进行。

试件形状如图 1. 1 所示。

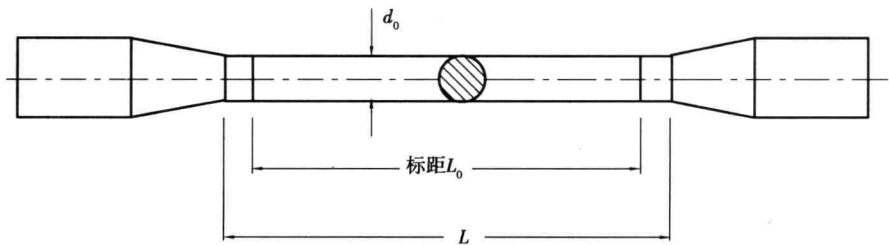


图 1. 1

图 1. 1 中:

L —— 平行长度, $L \geq L_0 + d_0$;

L_0 —— 试件平行长度部分两条刻线间的距离,称为原始标距;

d_0 —— 平行长度部分的原始直径。

圆形比例试件分以下两种:

(1) $L_0 = 10 d_0$, 称为长试件。

(2) $L_0 = 5 d_0$, 称为短试件。

本实验试件采用 $d_0 = 10 \text{ mm}$, $L_0 = 100 \text{ mm}$ 的长试件。

四、实验原理

(一) 低碳钢拉伸实验

材料的力学性能指标 $\sigma_s, \sigma_b, \delta$, 和 Ψ 由常温、静载下的轴向拉伸破坏试验测定。整个试验过程中,力与变形的关系可由拉伸图表示,被测材料试件的拉伸图由试验机自动记录显示。低碳钢的拉伸图比较典型,可分为以下 4 个阶段:

1. 直线阶段 OA

此阶段拉力与变形成正比,故也称为线弹性变形阶段, A 点对应的载荷为比例极限载荷 F_p 。

2. 屈服阶段 AC

曲线常呈锯齿形,此阶段拉力的变化不大,但变形迅速增加,此段内曲线上的最高点称为上屈服点 B' ,最低点称为下屈服点 B ,因下屈服点 B 比较稳定,工程上一般以 B 点对应的力值作为屈服载荷 F_s 。

3. 强化阶段 CD

此阶段拉力增加变形也继续增加,但它们不再是线性关系,其最高点 D 对应的力值为最大载荷 F_b 。

4. 颈缩阶段 DE

过了 D 点,试件开始出现局部收缩(颈缩),直至试件被拉断。

如图 1.2 所示为低碳钢拉伸图。

(二) 灰铸铁拉伸实验

对于灰铸铁,由于拉伸时的塑性变形极小,在变形很小时就达到最大载荷而突然断裂,没有明显的屈服和颈缩现象,其强度极限即为试件断裂时的名义应力。如图 1.3 所示为铸铁拉伸图。

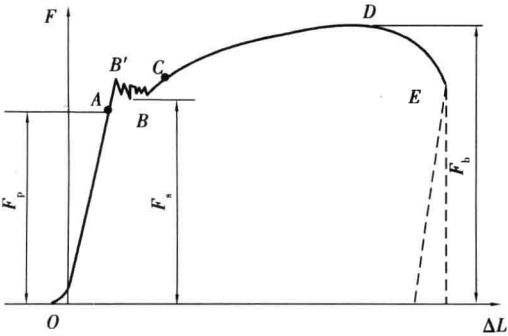


图 1.2

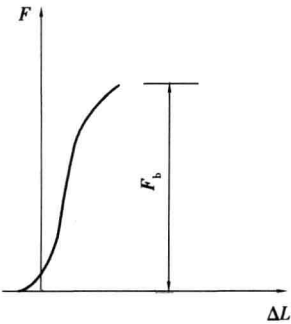


图 1.3

五、实验步骤

(一) 实验准备

(1) 打开试验机主机电源。

(2) 打开计算机,选择计算机桌面上的 PowerTest_D00C 图标,试验软件启动。选择正确的传感器、引伸计进行联机。

(3) 在输入用户参数窗口选择欲做试验方案,输入存盘文件名。

(4) 测量并记录试件的尺寸:在刻线长度内的两端和中部测量 3 个截面的直径 d_0 ,取直径最小者为计算直径,并量取标距长度 L_0 。输入试件尺寸、试件标距及相关试验参数。

(5) 调节横梁位置并安装夹持试样。

(6) 单击主机小键盘上的试样保护键,消除夹持力。

(7) 装夹引伸计,引伸计清零。

(二) 进行实验

(1) 开始试验:

① 按下“运行”按钮,试验机开始按试验程序对试件进行拉伸。仔细观察试件和计算机屏幕上的拉伸曲线在拉伸过程中的对应情况,特别注意观察屈服阶段的特点,颈缩阶段的发生和发展,直至试件拉断,取下试件并观察断口。

② 对灰铸铁试件,则装夹后按下“运行”按钮,试验机开始按试验程序对试件进行拉伸,仔细观察试件和计算机屏幕上的拉伸曲线在拉伸过程中的对应情况,直至拉断,取下试件并观察断口。

(2) 当变形达到试验方案设置的引伸计切换点时,程序有提示窗口,试验进入力保持状态,卸引伸计,然后关掉提示窗口,试验继续运行。

(3) 试验结束,在试验结果栏中,程序将自动计算出的结果显示在其中。观察拉伸曲线,记录屈服载荷 F_s (F_{el}) 和最大载荷 F_b (F_m)。输入断后标距,断后面积,并打印试验报告。

(三) 断后延伸率 δ 和截面收缩率 ψ 的测定

(1) 试件拉断后,将其断裂试件紧密对接在一起,在断口(颈缩)处沿两个互相垂直方向

(2) 将断裂试件的两段紧密对接在一起, 尽量使其轴线位于同一直线上, 若断口到邻近标距端点的距离大于 $L_0/3$, 则用游标卡尺测量断裂后两端刻线之间的标距长度即为 L_1 。

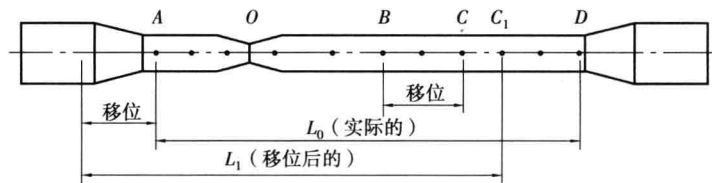
(3)若断口到邻近标距端点的距离小于或等于 $L_0/3$,要求用断口移中法计算 L_t 的长度。

应按下述方法来测量拉断后试件标距部分的长度 L_t 。

利用在试验前将试件标距部分等分成 10 个小格,即以断口 O (见图 1.4(a)) 为起点,在长段上量取基本等于短段的格数得 B 点。当长段所余格数为偶数时,则由所余格数的 $1/2$ 得 C 点,将 BC 段长度移到标距的左端,则移位后的 L_1 为

The diagram shows a horizontal shaft with a central section of constant diameter and tapered ends. Points A, O, B, C, and D are marked along the shaft's axis. Point O is the center of the constant-diameter section. Below the shaft, two horizontal dimension lines are shown. The top one, labeled L_0 (实际的), spans from point A to point D. The bottom one, labeled L_1 (移位后的), spans from a point further to the left to a point further to the right. Vertical arrows labeled '移位' (displacement) point from the original ends (A and D) to the new ends of the L_1 dimension line.

(a)



(b)

图 1.4

如果在长段取 B 点后所余下的格数为奇数(见图 1.4(b)),则取所余格数加 1 的 $1/2$ 得 C_1 点,减 1 的 $1/2$ 得 C 点,则移中(即将 BC_1 或 BC 移到试件左侧)后的 L_1 为

$$L_1 = AO + OB + BC + BC_1$$

六、实验结果处理

(1) 根据测得的低碳钢拉伸载荷 F_s, F_b 计算屈服极限 σ_s 和强度极限 σ_b 。

(2) 根据测得的灰铸铁拉伸最大载荷 F_b 计算强度极限 σ_b , 即

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad \sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中

$$A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$$

(3) 根据拉断前后的试件标距长度和横截面面积, 计算出低碳钢的延伸率 δ 和截面收缩率 ψ 。由于灰铸铁拉伸塑性变形量很小, 断后延伸率和截面收缩率一般就不必测定, 故

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

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

(4) 绘制两种材料的拉伸图 ($F-\Delta L$ 图)。

(5) 绘图表示两种材料的断口形状。

实验二

金属材料的压缩实验

一、实验目的

- (1) 观察与分析低碳钢、灰铸铁在压缩过程中的力学现象,并绘制压缩图。
- (2) 测定压缩时低碳钢的 σ_s , 灰铸铁的 σ_b 。
- (3) 比较低碳钢与灰铸铁的力学性能。

二、实验仪器和设备

- (1) WA-1000B 型电液式万能材料试验机。
- (2) 游标卡尺。

三、实验试件

为了能对各种材料的试验结果作比较,金属材料压缩试样一般采用圆柱形标准试样(见图 2.1)。

(1) 试样高度和直径的比例要适宜。试件太高, 容易产生纵向不稳定现象; 试件太短, 试验机垫板与试件两端面间的摩擦力 (见图 2.2) 对试件实际的承载能力产生影响。为保证试样在试验过程中均匀单向压缩, 且端部不在试验结束之前损坏, 国家标准《金属材料室温压缩试验方法》(GB/T 7314—2005) 推荐无约束压缩试样尺寸为

$$1 \leq \frac{h_0}{d_0} \leq 2$$

(2) 试件置于试验机的球形承垫中心位置处 (见图 2.3), 以防试件两端面稍有不平, 起调节作用, 使压力均匀分布, 其合力应通过试件轴线。

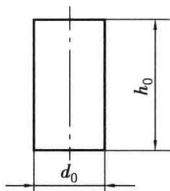


图 2.1

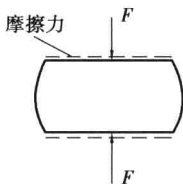


图 2.2

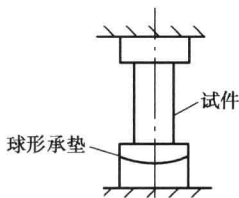


图 2.3

(3) 试件两端的平面应加工光滑, 以减小摩擦力的影响。实验时, 通常还在两端部加适量的润滑油。

四、实验原理

(一) 低碳钢压缩实验

低碳钢受压时与受拉时一样有比例极限和屈服极限, 但不像拉伸时那样有明显的屈服现象。因此, 在测定压缩的屈服载荷 F_s 时, 要特别细心观察。在缓慢匀速加载下, 试验机的测力指针会突然停留, 或倒退, 或指针转速突然减慢。如果指针停留, 则以指针所指载荷作为屈服载荷 F_s ; 如果指针倒退, 则以指针所指最低载荷作为屈服载荷 F_s ; 如果指针转速突然减慢, 此时主动指针所指载荷即作为屈服载荷 F_s 。

过了屈服点, 塑性变形迅速增加, 试件横截面面积也随之增大, 而增大的面积能承受更大

的载荷。因此,压缩曲线迅速上升,自动绘图仪可绘出低碳钢压缩图(见图 2.4)。

低碳钢试件最后可压成饼状而不破坏,故无法测定最大载荷 F_b 。

(二) 灰铸铁压缩实验

灰铸铁试件受压缩时,在达到最大载荷 F_b 前会出现较大的弹性变形才发生破裂,此时测力指针迅速倒退,由随动指针可读出最大载荷 F_b ,自动绘图仪可绘出铸铁压缩图(见图 2.5)。

灰铸铁试件最后被压成腰鼓形,表面出现与试件轴线约成 45° 的倾斜裂纹。

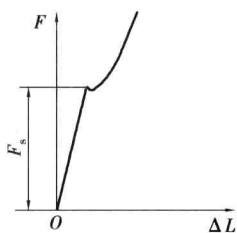


图 2.4

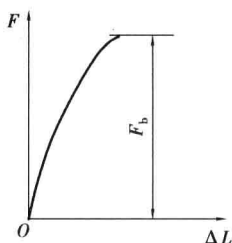


图 2.5

五、实验步骤

- (1) 测量并记录试件高度及横截面直径。
- (2) 根据估计的最大载荷选择合适载荷,试验机清零。
- (3) 将试件两端涂上润滑剂,然后放在试验机活动台支承垫中心处。
- (4) 开动试验机,使移动横梁下移,当移动横梁与低碳钢试件接触受力后,要控制加载速度,使载荷缓慢均匀增加,注意观察测力窗口与变形的变化情况,从而判断试件是否已达到屈服阶段,及时记录屈服载荷 F_s 。超过屈服载荷后,继续加载,低碳钢试件被压成腰鼓形即可停止。
- (5) 铸铁试件加压至试件破坏为止,记录最大载荷 F_b 。

六、实验结果处理

- (1) 根据所测低碳钢的压缩屈服载荷 F_s 计算压缩屈服极限 σ_s , 即