

土木工程实验

TUMU GONGCHENG SHIYAN

主 编 刘自由 曹国辉

副主编 童小龙 卓德兵

非
外
借



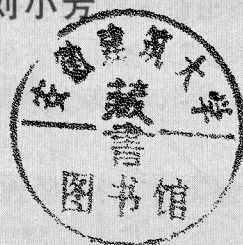
重庆大学出版社

土木工程实验

TUMU GONGCHENG SHIYAN

主 编 刘自由 曹国辉
副主编 童小龙 卓德兵
参 编 李 旭 郭尤林
贺 冉 方列兵

刘小芳



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是土木工程专业及土建类相关专业的实验指导教材。全书共分7章,包括实验准备、材料力学实验、建筑材料实验、土工实验、路基路面工程实验、结构实验、实验抽样与数据分析等。每章实验相对独立,结合大学生研究性学习与创新性实验计划项目,分为必修实验和选修实验,使实验教学可结合专业特点和实验条件取舍。每个实验都包括实验目的、实验仪器设备的使用、实验原理和方法、实验步骤、实验注意事项和思考题等内容,便于读者掌握该实验并能独立地进行实验操作。

本书可作为土木工程专业及土建类相关专业的实验教学用书,也可供从事土建类实验检测工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程实验 / 刘自由,曹国辉主编. -- 重庆:重庆大学出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5689-1302-7

I. ①土… II. ①刘…②曹… III. ①土木工程—实验—高等学校—教材 IV. ①TU-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 183913 号

土木工程实验

主 编 刘自由 曹国辉

副主编 童小龙 卓德兵

参 编 李 旭 郭尤林 刘小芳

贺 冉 方列兵

策划编辑:鲁 黎

责任编辑:姜 凤 版式设计:鲁 黎

责任校对:刘 刚 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

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

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.75 字数:270千

2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-1302-7 定价:29.80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

前言

实验教学是土木工程专业的重要实践教学环节,不仅有助于提高学生对基本概念、基本理论的理解和验证,而且对培养学生的创新精神、动手能力和工程实践能力具有重要意义。

本书根据理论课程教学大纲要求,按现行国家标准及规范编写而成,并对实际工程检测过程中的一些取样方法进行简单介绍,包括材料力学实验、建筑材料实验、土工实验、路基路面工程实验、结构实验等。实际教学中,实验教师可根据教学大纲选取实验项目。

本书可作为土木工程专业及土建类相关专业的实验教学用书,也可供从事土建类实验检测工作的工程技术人员参考。

本书由湖南城市学院刘自由、曹国辉担任主编,湖南理工学院童小龙、吉首大学卓德兵担任副主编。具体分工如下:第一章、第二章由李旭编写,第三章、第七章由刘自由、方列兵编写,第四章由郭允林编写,第五章由刘小芳编写,第六章由贺冉编写。全书由刘自由、曹国辉统稿,童小龙、卓德兵进行技术校审。

感谢湖南城市学院国家级土木工程实验教学示范中心的大力协助。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2018年5月

目 录

第一章 实验准备	1
第一节 实验室规则	1
第二节 实验注意事项	1
第三节 实验报告	2
第二章 材料力学实验	3
第一节 必修实验	3
实验一 低碳钢和铸铁的拉伸实验	3
实验二 低碳钢和铸铁的压缩实验	7
实验三 低碳钢和铸铁的扭转实验	10
实验四 梁弯曲正应力电测实验	14
实验五 弯扭组合变形的主应力和内力的电测实验	20
第二节 选修实验	24
实验一 材料弹性模量 E 和泊松比 ν 的测定实验 ..	24
实验二 冲击实验	26
实验三 应变片粘贴实验	28
实验四 压杆临界压力的测定实验	30
实验五 胶接叠合梁的应力实验	32
实验六 自由叠合梁应力、应变测定实验	33
实验七 疲劳实验	34
第三章 建筑材料实验	39
第一节 必修实验	39
实验一 材料基本性质实验	39
实验二 水泥实验	44
实验三 混凝土用细骨料(砂)实验	50
实验四 普通混凝土配合比设计实验	53
实验五 钢筋实验	59
第二节 选修实验	62
实验一 混凝土用粗骨料(石子)实验	62
实验二 建筑砂浆实验	65
实验三 石油沥青实验	68
实验四 泵送混凝土配合比设计实验	72

第四章 土工实验	76
第一节 必修实验	76
实验一 土的压缩实验	76
实验二 抗剪强度实验	83
第二节 选修实验	86
实验一 颗粒分析实验	86
实验二 液限和塑限的测定	92
实验三 击实实验	95
实验四 三轴剪力实验	98
实验五 锚杆实验	104
实验六 岩土综合测试	106
第五章 路基路面工程实验	108
第一节 必修实验	108
实验一 挖坑灌砂法测定压实度	108
实验二 贝克曼梁测定路基路面回弹弯沉	114
实验三 3m 直尺测定平整度	117
实验四 手工铺砂法测定路面构造深度	119
实验五 摆式仪测定路面抗滑值	121
第二节 选修实验	124
实验一 无机结合料稳定土的击实实验	124
实验二 承载板测定土基回弹模量	129
实验三 土基现场 CBR 值测试	132
第六章 结构实验	135
第一节 必修实验	135
实验一 钢筋混凝土简支梁受弯破坏实验	135
实验二 预应力混凝土空心板鉴定实验	137
实验三 简支钢桁架非破坏实验	140
实验四 钢筋混凝土短柱偏压破坏实验	143
第二节 选修实验	145
实验一 回弹法及超声回弹综合法测混凝土强度实验	145
实验二 悬臂等强度钢梁的静动力特性实验	148
实验三 直线连续箱梁模型实验	150
实验四 T 形梁桥荷载横向分布实验	151
第七章 实验抽样与数据分析	155
第一节 抽样及处理	155
第二节 实验影响因素	156
第三节 实验结果的分析与处理	158
参考文献	163

第一章 实验准备

第一节 实验室规则

1. 实验室是开展科学实验活动的重要场所,必须建立文明的教学秩序。保持实验室安静、整洁和严肃的学习气氛。严禁大声谈笑、吸烟、随地吐痰和乱抛纸屑等。
2. 学生必须在排定的时间内准时进实验室做实验。不得早退、缺席,因故不能参加实验者,必须办理请假手续,否则视为旷课。
3. 实验前,必须做好充分预习,认真听取指导教师讲授。
4. 实验中,不得动用与本次实验无关的任何仪器、设备。小心使用仪器,遵守实验室规则。
5. 实验后,必须把实验场地清理干净。

第二节 实验注意事项

实验中要接触较多的测试仪器、设备,为使学习者通过实验掌握实验原理和方法,初步学会实验仪器、设备的使用方法,使学习者对整理实验结果、处理实验数据和书写实验报告等多方面得到初步训练,实验时应注意以下事项:

一、做好实验前的准备工作

1. 实验前认真做好预习,阅读实验指导书或实验教材,复习有关理论知识,明确实验目的、原理和实验步骤等。
2. 初步了解实验中使用的仪器、设备和实验装置等的工作原理、使用方法和操作注意事项。
3. 对需要由小组完成的实验,课前应编好实验小组,小组成员须分工明确、相互配合、协调操作,共同完成实验。
4. 认真、清楚地了解实验所需记录的数据项目及数据处理的原理和方法,设计好数据记录表格。

二、遵守实验室的规章制度

1. 按课程安排准时进入实验室。对开放实验应按预约时间进入实验室。第一次上实验课的同学应认真学习并遵守执行实验室的规章制度。
2. 进入实验室后,要注意保持实验室的整洁、安静。未经允许,不得随意动用室内的仪器、设备。实验中仪器、设备发生故障时,应及时报告,不得擅自处理,更不准隐匿不报。
3. 认真接受教师对实验预习情况的抽查、提问,仔细聆听教师对实验课程内容的讲解。
4. 操作仪器、设备之前,应注意检查仪器、设备是否完好。实验过程中,严格按仪器、设备的操作规程进行操作,认真观察实验现象,记录好实验数据,要随时分析、判断实验数据的正确性,保障实验顺利进行。
5. 实验结束前,应将全部数据交教师审阅,经教师同意后结束实验。
6. 实验结束后,应将所用仪器、设备擦拭干净,恢复至初始正常状态。

第三节 实验报告

实验报告是反映实验工作及实验结果的书面综合资料。书写实验报告能培养学生综合表达科学工作成果的文字能力,是全面训练实践能力的重要组成部分,必须认真完成。写实验报告要做到字迹工整、图表清晰、结论简明。一份完整的实验报告应由以下内容组成:

1. 实验名称、实验日期、同组人员等。
2. 实验目的和要求、实验原理、实验装置,通常要画出装置简图。
3. 实验仪器、设备的名称、型号及精度。
4. 实验数据记录,实验数据处理(注意采用适当的处理方法并保留正确的有效数字)。
5. 实验结果通常可用表格或曲线来表示。实验结论应简单、明确、符合科学习惯,要与实验目的、要求相呼应。
6. 实验结果的分析与结论。

实验报告在编写过程中,首先必须认真记录好整个实验过程的有关现象及原始数据,但实验报告不是原始的记录、计算过程的罗列,实验报告是经过数据整理、计算、编制的结果。只有做好记录,认真计算并将结果用图、表方式表达清楚,才能够清晰、正确地分析、评定出测试的结果。

第二章

材料力学实验

材料力学实验是材料力学教学中的一个重要环节,对于提高学生的综合素质、培养学生的实践能力与创新能力具有极其重要的作用。学生通过材料力学实验不仅能够丰富书本知识,而且能够增强实践能力和实践技能;通过实验能提高应用实验的手段与方法分析、研究和解决工程问题的能力;通过实验能提高建立力学模型或者修正、完善力学模型的能力;通过实验能培养对一些新材料和新结构的研究能力。

进行材料力学实验后,学生应掌握测定材料力学性能的基本方法、测量应变的电测法和实验应力分析的基本原理,并掌握相应仪器设备的使用方法和处理实验数据的能力。

本实验指导书根据实践能力和创新意识、创新能力的培养要求,将实验分为基本实验和选修实验两大部分。基本实验作为土木工程专业学生的必修实验,其中部分作为“工程力学”课程的必修实验;选修实验作为课外开放性实验,其内容大都具有综合性、设计性、研究性,学生可根据自己的能力和兴趣选做。书中对实验仪器设备的介绍以本校已有的实验仪器设备为主。

本实验指导书供土木工程专业材料力学实验和其他专业工程力学实验用。

土木工程专业材料力学必做的5个实验,即拉伸实验、压缩实验、扭转实验、梁纯弯曲正应力测定实验、弯扭组合变形主应力测定实验。

其他专业工程力学必做的3个实验,即拉伸实验、压缩实验、扭转实验。

第一节 必修实验

实验一 低碳钢和铸铁的拉伸实验

一、实验目的

1. 观察低碳钢和铸铁在拉伸过程中的各种现象。
2. 测定低碳钢拉伸时的弹性模量 E 。
3. 绘制低碳钢和铸铁的荷载-变形曲线和应力-应变曲线。
4. 测定低碳钢拉伸时的屈服强度 σ_s 、伸长率 δ 、断面收缩率 ψ 和铸铁的抗拉强度 σ_b 。
5. 比较两种材料的拉伸力学性能。

二、实验仪器、设备

电子万能实验机(CMT6105)、应变式引伸计、游标卡尺、钢板尺。

三、实验原理和方法

实验所用试样的形状和尺寸对其性能测试结果有一定的影响。为了使金属材料拉伸实验的结果具有可比性与符合性,国家已制定统一标准《金属拉伸试验试样》(GB 6397—1986)。本实验所用的拉伸试样是按国家标准经机加工制成的圆形横截面的长比例试样,取 $l_0 = 10d_0$,采用圆形截面试件,即直径 d_0 为 10 mm。原始标距 l_0 为 100 mm,两端较粗部分是头部,为装入实验机夹头中承受拉力之用,如图 2.1 所示。

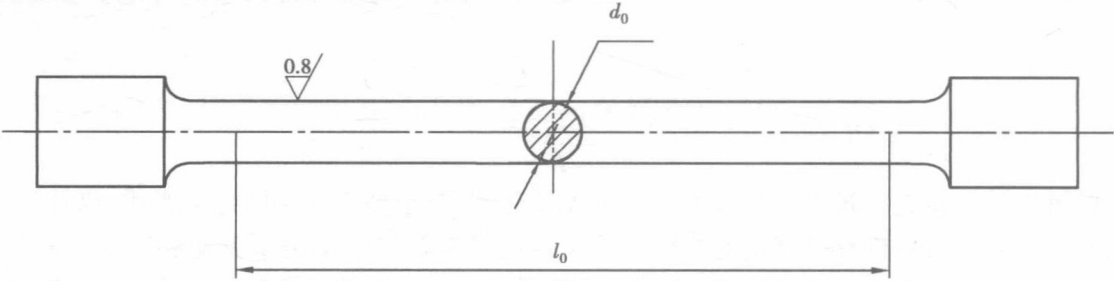


图 2.1 圆形截面试件

在做拉伸实验的过程中,从电子万能实验机的微机显示屏上可以看到记录的低碳钢拉伸曲线($F-\Delta l$ 曲线)和铸铁的拉伸曲线,如图 2.2 所示。低碳钢拉伸曲线可分为 4 个阶段,即弹性阶段、屈服阶段、强化阶段及局部变形阶段。铸铁试件承受的荷载较小时就突然断裂,没有屈服阶段,抗拉强度较低,且断裂时的变形也较小。

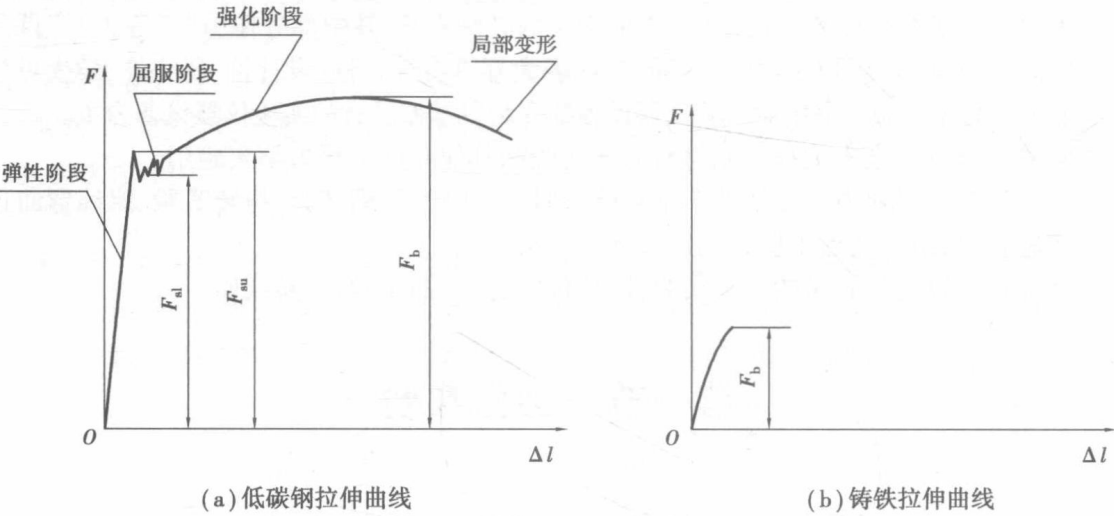


图 2.2 低碳钢和铸铁的拉伸曲线图

1. 弹性模量 E 的测定

低碳钢试样受到轴向拉力 F 的作用时,在比例极限内,应力和应变的关系符合胡克定律,弹性模量是应力和应变的比值,即

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l}$$

对横截面面积为 A_0 的试样施加拉伸载荷 F ,并测出标距 l_0 的相应伸长 Δl ,即可求得弹性模量 E 。由于弹性变形阶段内试样变形很小,因此需用精密仪器引伸计来测量其变形量。为

了验证胡克定律,并提高测试弹性模量 E 的精确度,通常采用“增量法”进行实验,也就是把载荷分成若干相等的加载等级 ΔF ,然后逐级加载。测弹性模量时最高载荷 F_n 为屈服载荷 F_s 的 70% ~ 80%,若低碳钢的直径为 10 mm,则 F_n 不超过 15 kN。

实验时,从 F_0 到 F_n 逐级加载,各级载荷增量为 ΔF 。对应着每个载荷 $F_i (i=1,2,\dots,n)$,就有相应的伸长 $\Delta l_i, \Delta l_{i+1}$ 与 Δl_i 的差值即为变形增量 $\delta(\Delta l)_i$,它是 ΔF 引起的伸长增量, $\delta(\Delta l)_i = \Delta l_{i+1} - \Delta l_i$ 。在逐级加载中,若得到的各级 $\delta(\Delta l)_i$ 基本相等,就表明变形 Δl 与拉力 F 呈线性关系,符合胡克定律。

完成一次加载,将得到 F_i 和 Δl_i 的一组数据,按弹性模量平均法,对应每一个 $\delta(\Delta l)_i$ 可以求得相应的单项弹性模 E_i 量,则

$$E_i = \frac{\Delta F \cdot l_0}{A_0 \cdot \delta(\Delta l)_i} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

则 n 个 E_i 的算术平均值

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

即为材料的弹性模量。

用增量法进行实验,还能判别加载、引伸仪的安装及读数有无错误。若伸长增量不按一定规律变化,说明实验不正常,应进行检查。

2. 屈服极限 σ_s 与强度极限 σ_b 的测定

低碳钢试样拉伸实验完毕,电子拉伸实验机会自动记录屈服载荷 F_s 和最大载荷 F_b ,并在输入试样横截面尺寸后,由式

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \text{ 和 } \sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

自动计算出低碳钢试样的屈服极限 σ_s 和强度极限 σ_b 。

当达到最大载荷 F_b 后,拉伸曲线开始下降,这时可观察到试件的某一局部截面明显缩小,出现“颈缩”现象,这表明已经进入局部变形阶段。

拉伸铸铁时,由于没有屈服阶段,电子拉伸实验机只会记录最大载荷 F_b ,因此铸铁等脆性材料只存在强度极限 σ_b 。

3. 延伸率 δ 和截面收缩率 ψ 测定

根据定义

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%; \psi = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \times 100\%$$

其中, l_1 为试样拉断后测试标距范围长度,称为断后标距; A_1 则为试样断口处的最小面积。

为了方便测量断后标距 l_1 ,实验前应在试样表面画上等距离并与试样轴线相垂直的标记线,例如每相距 10 mm 画上一段线,如图 2.3 所示。

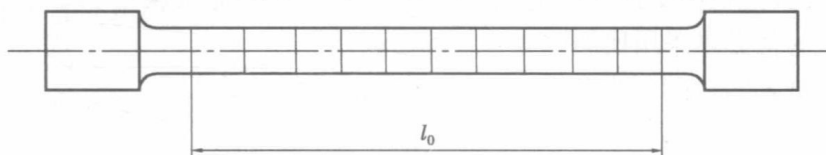


图 2.3 低碳钢试样

试样拉断后,把试样拼接起来,用游标卡尺测量 10 格的长度即为断后标距 l_1 ,测量出断口的直径 d_1 。如果无法使断口位于测量范围的中部,就要采用断口移中的办法来决定 l_1 。将 l_1 和 d_1 值输入即可自动计算出延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 。

四、实验步骤

1. 分别测量低碳钢试样、铸铁试样的尺寸:在试样标距段内的两端和中间三处测取直径,每处直径取两个相互垂直方向的平均值,做好记录,用最小直径来计算试样横截面直径 A_0 。用卡尺或钢板尺测量试件的标距 l_0 。

2. 连接实验机和计算机电源,预热 15 min 后开始实验。

3. 熟悉电子万能实验机的操作方法,先打开计算机实验软件界面,然后开启实验机。

4. 在实验机上装夹低碳钢试样:先用上夹头卡紧试样一端,然后下降活动横梁使试样另一端缓慢插入下夹头的 V 形卡板中,锁紧下夹头。

5. 测量低碳钢的弹性模量 E :在试样上安装好引伸计,并将其接入计算机;在主界面“速度显示区”上设置位移速度(测量 E 时应选较小值);在主界面上打开“配置”界面,设置测力传感器上的力值,将“变形配置区”变换成“5050 应变规”。返回主界面,设置成“设定上”,由“运行”键开始实验,加载至 500 ~ 1 000 N 后“停止”,将“力值”“变形”清零。再由“运行”继续加载,每加载至一定荷载值后“停止”,记录下荷载值和变形值。

6. 测量低碳钢的屈服极限 σ_s 、强度极限 σ_b 、延伸率 δ 和截面收缩率 ψ :在测量好弹性模量 E 后,卸载(设定下)并松开下夹头,取下引伸计,重新在实验机上装夹低碳钢试样。在主界面“速度显示区”上设置位移速度(取较大值);在主界面上打开“配置”界面,设置测力传感器上的力值,将“变形配置区”变换成“位移”。返回主界面,设置成“设定上”,由“运行”键开始实验,直至试样拉断。在力值达到峰值时注意观察“颈缩”现象。取下拉断后的试样,测量断后标距 l_0 、断口直径 d_1 。点击主界面“处理”键进入数据处理窗口,点击“输入”并输入试件的参数等相关数据。返回数据处理窗口并点击“出报告”键,即可得到报告文件。

7. 测量铸铁的强度极限 σ_b 、延伸率 δ 和截面收缩率 ψ :用步骤 6 同样的方法将铸铁试样拉断并记录数据。

8. 整理实验现场。

五、实验注意事项

1. 为避免损伤实验机的卡板和卡头,同时防止铸铁试样脆断飞出伤人,操作中应注意:装夹试件时,横梁移动速度要慢,使试件下端缓慢插入夹头 V 形卡板中,且试件下端与卡板底部有一定距离,以免顶到卡头内部装配卡板用的平台。

2. 在进行低碳钢拉断实验时,必须取下引伸计。

六、思考题

1. 试根据低碳钢和铸铁的拉伸图比较两种材料的力学性质。
2. 实验中,尤其是在测量弹性模量 E 时,为何加载速度不能太快?
3. 拉伸实验为何必须采用比例试样和定标距试样?
4. 拉伸图中进入“颈缩”后曲线下降,此时试样的强度降低了吗?

七、附图

1. 电子万能实验机示意图,如图 2.4 所示。
2. 应变式引伸计,如图 2.5 所示。

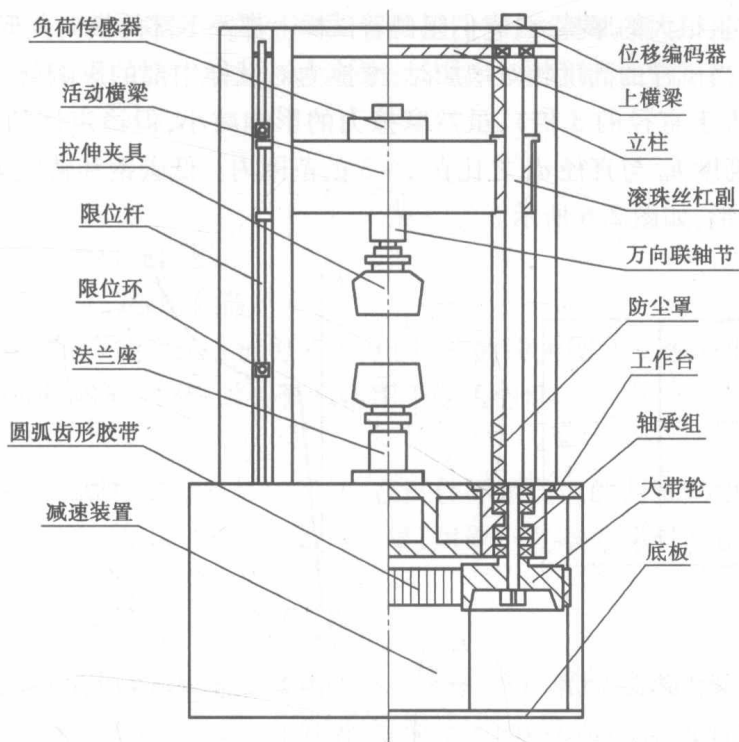


图 2.4 电子万能实验机示意图

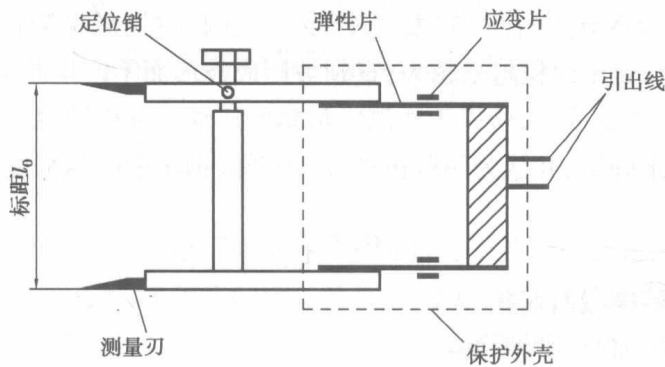


图 2.5 应变式引伸计

实验二 低碳钢和铸铁的压缩实验

一、实验目的

1. 测定低碳钢压缩时屈服极限 σ_s 和铸铁压缩时的强度极限 σ_b 。
2. 观察低碳钢和铸铁在压缩中的变形和破坏现象。
3. 掌握电子万能实验机的使用方法及其工作原理。

二、实验仪器、设备

液压式万能材料实验机、游标卡尺、量角器。

三、实验原理和方法

目前常用的压缩实验方法是两端平压法。在这种压缩实验方法中，试样的上下两端与实

验机承垫之间会产生很大的摩擦力,它们阻碍着试样上部及下部的横向变形,导致测得的抗压强度较实际偏高。当试样的高度相对增加时,摩擦力对试样中部的影响就变得小了。若试样的高度太大(高度大于直径的3倍),虽然摩擦力的影响减小,但稳定性的影响却突出起来。因此,压缩试样的高度 h_0 与直径 d_0 之比在 1~3 的范围内。低碳钢和铸铁等金属材料的压缩试样一般制成圆柱形,如图 2.6 所示。

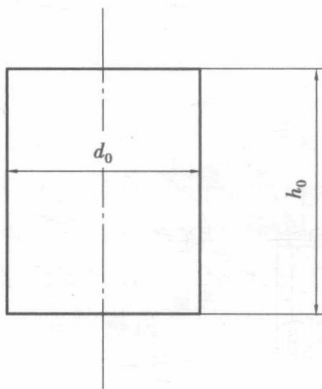


图 2.6 圆柱形压缩试样

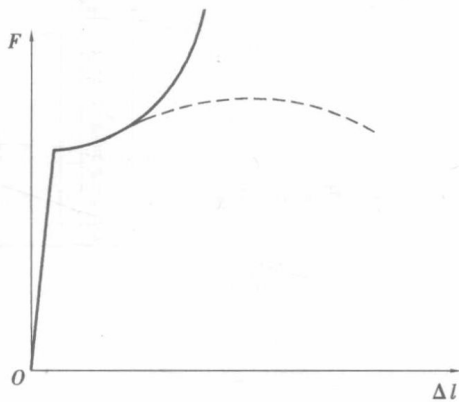


图 2.7 低碳钢在压缩时的 Δl 曲线

低碳钢在压缩时的 σ - ϵ 曲线如图 2.7 所示,图中还用虚线绘出了低碳钢在拉伸时的 σ - ϵ 曲线,从这两条曲线可以看出,在屈服阶段以前,它们基本上是重合的,这说明低碳钢在压缩时的弹性模量 E 和屈服极限 σ_s 与拉伸时大致相同。但在超过屈服极限以后,因低碳钢试样的轴向长度 h_0 不断缩短,受压面积越来越大,直到被压成鼓形而不产生断裂,如图 2.8 所示。如果载荷足够大,试样可被压成饼,所以无法测定材料的压缩强度极限,故一般来说,钢材的力学性能主要用拉伸实验来确定,并认为屈服极限 σ_s 为低碳钢压缩时的强度特征值:

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中 A_0 ——试样初始横截面面积;
 F_s ——低碳钢压缩时的屈服载荷。

必须指出低碳钢压缩时的屈服阶段并不像拉伸时那样明显,因此在确定 F_s 时要特别小心地观察。在缓慢而均匀地加载下,最初测力指针是等速转动的,但发生屈服时,测力指针的转动减慢,直至停止转动,停留时间很短,有时也会出现回摆现象,这就是屈服现象。指针停留时的载荷或指针往回摆的最低载荷即为材料的屈服载荷 F_s 。

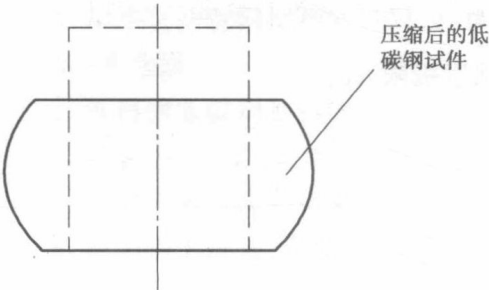


图 2.8 压缩后的低碳钢试件

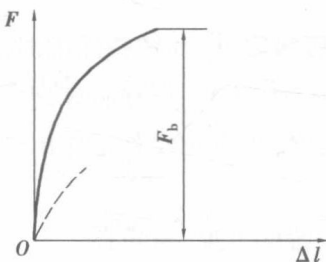


图 2.9 铸铁 F - Δl 曲线

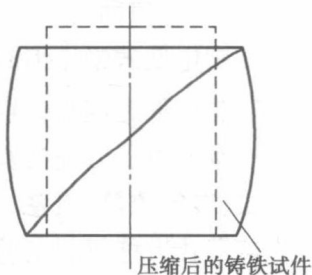


图 2.10 压缩后的铸铁试件

铸铁是典型的脆性材料,在压缩时并无屈服阶段,其 F - Δl 曲线如图 2.9 所示,当对试样加

至极限载荷 F_b 时,试样在压缩变形很小时就突然发生剪断破坏,断面与试样轴线的夹角为 $35^\circ \sim 40^\circ$,如图 2.10 所示。此时,测力主动针迅速倒退,由从动针可读出 F_b 值,于是即可确定铸铁的强度极限:

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中 A_0 ——试样初始横截面面积;

F_b ——铸铁压缩时的极限载荷。

实验表明,铸铁的抗压能力比其抗剪能力好(拉伸曲线为图 2.9 中的虚线),而且在受压时的强度极限比受拉时高 3~4 倍,故铸铁只适用于受压构件。

四、实验步骤

1. 分别测量低碳钢试样、铸铁试样的尺寸:在试件标距段内的两端和中间 3 处测取直径,每处直径取两个相互垂直方向的平均值,做好记录,用最小直径 d_0 来计算试件横截面直径 A_0 。用游标卡尺或钢板尺测量试件的高度 h_0 。

2. 连接实验机电源,熟悉液压式万能实验机的操作方法。

3. 根据试样极限载荷的大小,选择合适的测力量程,并配置相应的摆锤。低碳钢和铸铁的压缩实验通常选择 0~300 kN 的量程。调整测力指针,对准零点。

4. 放置试样:把压缩试样放置于实验机的两个承压垫板之间,并对准轴线。

5. 开动实验机,慢速加载。对于低碳钢,先记录试样的屈服载荷 F_s ,然后加载至大约 200 kN 时卸载;对于铸铁,则加载至试件断裂后卸载,记录极限载荷 F_b ,停车,取下试件,测量断口与试样底面之间的夹角。

6. 整理和复原实验机及工具,清理现场。

五、实验注意事项

1. 在调节试样与承压垫板之间的距离时,开始可打开送油阀门快速接近,当试样贴近承压垫板时(约 5 mm),直接关电源,关闭送油阀。然后开动实验机,慢速加载。

2. 压缩铸铁试件时,为防止试样崩碎飞出伤人,操作者应在试样周围安装防护罩或与之保持距离。

六、思考题

1. 铸铁的破坏形式说明了什么?

2. 为什么不能测得低碳钢的抗压强度 σ_b ?

3. 由低碳钢和铸铁在拉伸、压缩时的实验结果,比较塑性材料和脆性材料的力学性质。

七、附:液压式万能材料实验机原理及操作方法

WE-30 型液压式万能材料实验机的外形,如图 2.11 所示。其构造原理示意图如图 2.12 所示。

(1) 加力部分。在实验机的底座上,装有两根固定立柱,立柱支承着固定横梁及工作油缸。当开动油泵电动机后,电动机带动油泵,将油箱里的油经送油阀送至工作油缸,推动其工作活塞,使上横梁、活动立柱和活动平台向上移动。如将拉伸样装于上夹头和下夹头内,当活动平台向上移动时,因下夹头不动,而上夹头随着平台向上移动,则试样受到拉伸;如将试样装于平台的承压座内,平台上升,则试样受到压缩。

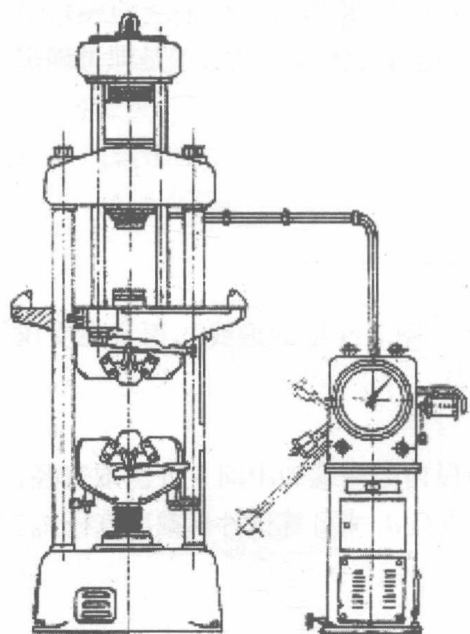


图 2.11 液压式万能材料试验机

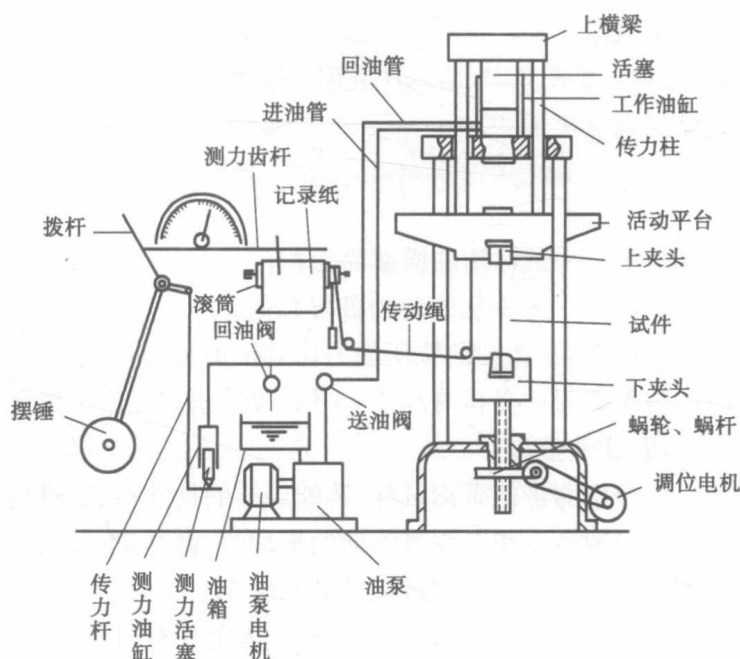


图 2.12 液压式万能材料试验机原理示意图

做拉伸实验时,为了适应不同长度的试样,可开动下夹头的电动机使之带动蜗杆、蜗杆带动蜗轮、蜗轮再带动丝杆,可控制下夹头上下移动,调整适当的拉伸空间。

(2)测力部分。装在实验机上的试样受力后,受力大小可在测力盘上直接读出。试样受了载荷的作用,工作油缸内的油就具有一定的压力。压力的大小与试样所受载荷的大小成比例。而测力油管将工作油缸与测力油缸连通,则测力油缸就受到与工作油缸相等的油压。此油压推动测力活塞,带动测力拉杆,使摆杆和摆锤绕支点转动。试样受力越大,摆的转角也越大。摆杆转动时,其上面的推杆便推动水平齿条,从而使齿轮带动测力指针旋转,这样便可从测力度盘上读出试样受力的大小。摆锤的质量可以调换,一般实验机可以更换 3 种锤重,故测力度盘上也相应应有 3 种刻度,这 3 种刻度对应着机器的 3 种不同的量程。如 WE-30 液压式万能实验机有 0 ~ 60 kN、0 ~ 150 kN、0 ~ 300 kN 3 种测量量程。

实验三 低碳钢和铸铁的扭转实验

一、实验目的

1. 测定低碳钢的剪切屈服极限 τ_s 、抗剪强度 τ_b 和铸铁的抗剪强度 τ_b 。
2. 测定低碳钢的剪切弹性模量 G 。
3. 观察扭转曲线($T-\varphi$ 曲线),观察塑性材料和脆性材料不同的破坏方式。
4. 了解并掌握微机电子式扭转实验机和扭转仪的工作原理及使用方法。

二、实验仪器、设备

微机电子式扭转实验机、扭转计、百分表、游标卡尺、钢板尺。

三、实验原理和方法

扭转试样采用圆形截面,如图 2.13 所示。为方便观察试样的扭转变形,可在试样表面画

一条纵线。

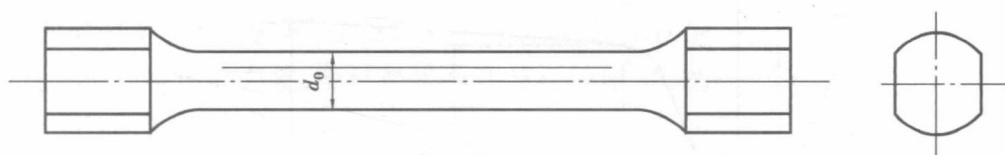


图 2.13 图形截面扭转试样

1. 测定切变模量 G 。

测定切变模量实验装置如图 2.14 所示,将固定臂和转动臂固定在试样上,之间距离为 50 mm,由标距定位套保证。固定臂和转动臂之间有一定空间用来安放扭转引伸计。

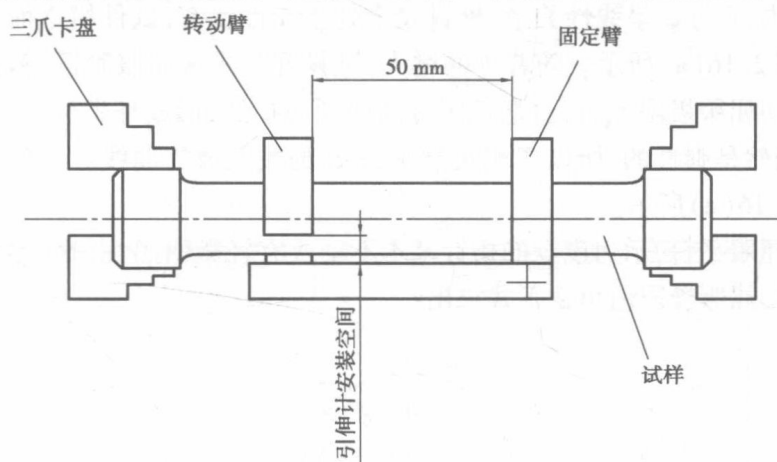


图 2.14 测定切变模量实验装置

试样受扭(反转)时,固定臂和转动臂之间距离会发生变化,其变化值 b 由扭转引伸计测量。变化值 b 与扭转角 φ 之间的关系为

$$\varphi = 2 \arcsin^{-1} \left(\frac{b}{2R} \right)$$

式中 R ——扭转中心至引伸计测量刃口之间的距离,其值为 50 mm。

由扭转角 φ 可以得出剪切弹性模量 G 的公式

$$G = \frac{T \cdot L}{\varphi \cdot I_p}$$

式中 L ——试样的标距长度,其值为 50 mm;

I_p ——极惯性矩;

T ——扭矩大小。

将引伸计与主机连接,可由实验程序直接求出剪切弹性模量 G 。但实验中扭矩值需超过材料的屈服荷载值后才能得出 G 值。

2. 低碳钢扭转实验。

在测量完 G 后,取下扭转计,加大转角速度可继续进行低碳钢扭转实验。低碳钢试样在发生扭转变形时,其 $T-\varphi$ 曲线如图 2.15 所示,类似低碳钢拉伸实验,相应地有 3 个强度特征值:剪切比例极限 τ_p 、剪切屈服极限 τ_s 和剪切强度极限 τ_b 。对应这 3 个强度特征值的扭矩依次为 T_p, T_s, T_b 。