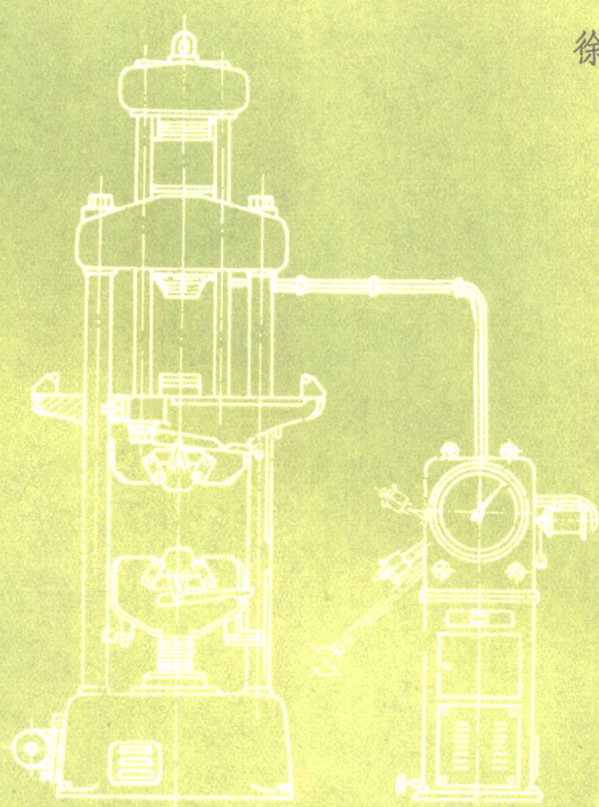


材料力学试验

CAILIAOLIXUESHINYAN

韦德骏 编
徐雪松



湖南大学出版社

材料力学实验

韦 德 骏 编
徐 雪 松

湖南大学出版社

内 容 提 要

本书是依据高等工业学校材料力学教学大纲以及材料力学课程的教学基本要求而编写的。它包含了教学大纲中规定的全部实验。全书共计有十一个实验, 其中基本实验七个, 示范性实验四个。主要内容为材料机械性能实验, 电测、光测应力分析实验和断裂韧性的测试等。在各个实验项目中, 对实验设备、实验原理、实验步骤均有较详细的叙述, 书后还附有可供学生另订成册、直接作答的实验报告表格, 给统一考核带来了方便, 以适应当前实验教学的需要。

本书可作为高等工业学校机械、土建等专业多学时材料力学的实验教材, 经过一定取舍后也可作为其他专业及电大、函授有关专业的教学用书。

材料力学试验

韦德骏 徐雪松 编
责任编辑 夏艾生

☆

湖南大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南省新华书店经销 湖南大学印刷厂印刷

☆

187×1092毫米 16开 4.5印张 104千字

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数: 00 001—11000册

ISBN 7-314-00355-6/G·63

定价: 1.00元

实 验 须 知

一、实验课前必须认真阅读实验指导书，明确实验目的、内容、原理和方法。了解实验设备的基本构造、工作原理和使用方法。

二、要按指定的时间进行实验，不得迟到、早退。

三、实验分小组进行。由课代表根据教师的要求分组，并指定组长。实验时要有指挥，有分工，做到有条不紊。

四、要遵守实验室的规章制度，爱护实验室的设备，非指定使用的设备器材，不得任意动用。

五、实验过程中，如设备发生了故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障，保证实验的正常进行。

六、实验完毕后，要关闭电源，整理好使用过的机器、仪器和工具。要将实验原始记录交指导教师审阅。

七、要认真做好并按时完成实验报告。

目 录

绪 言	(1)
实 验 一 拉伸实验	(4)
实 验 二 压缩实验	(13)
实 验 三 材料弹性模量E的测定	(15)
实 验 四 扭转实验	(19)
实 验 五 剪切弹性模量G的测定	(26)
实 验 六 电测弯曲正应力实验	(28)
实 验 七 电测主应力实验	(35)
实 验 八 冲击实验 (示范)	(40)
实 验 九 疲劳实验 (示范)	(42)
实 验 十 光弹性实验 (示范)	(45)
实验十一 平面应变断裂韧度 K_{Ic} 的测定 (示范)	(50)

绪 言

一、内容简介

实验是进行科学研究的重要方法,科学史上许多重大发明就是依靠科学实验而得到的,许多新理论的建立也要靠实验来验证。例如,材料力学的理论就是首先对研究对象进行一系列大量的实验,然后根据实验中的有关现象,进行真实材料理想化、实际构件典型化、公式推导假设化的简化,从而得出相应的结论和定律。至于这些结论和定律是否正确以及能否在工程中予以应用,仍然需要通过实验验证才能断定。在解决工程设计中的强度、刚度和稳定性等问题时,首先要知道材料的力学性能和表达力学性能的材料常数。这些常数只有靠材料试验才能测定。有时工程中构件的几何形状和载荷都十分复杂,构件中的应力单纯靠计算难以得到正确的数据,在这种情况下,就必须借助于实验应力分析的手段才能求得解决。所以,材料力学实验是学习材料力学课程不可缺少的一个重要环节。通过这一环节可以使同学学到测定材料力学性质的实验的基本知识、基本技能和基本方法,初步掌握验证材料力学理论的方法及了解实验应力分析的基本概念,这对培养学生的动手能力,严肃认真、一丝不苟、实事求是的科学习惯和工作作风,对于培养学生在四化建设中的实际工作能力是有其深远意义的。

材料力学实验,按其性质可分为以下三类:

(一) 测定材料机械性质的实验

材料力学公式只能算出在载荷作用下的构件内应力的。大小。为了建立其相应的强度条件则必须了解其材料的强度、刚度、弹性等特性,这就需要通过拉伸、压缩、弹性模量 E 和 G 的测定、扭转、冲击、疲劳、断裂韧性测定等试验来测定材料的屈服极限、强度极限、弹性模量、持久极限等反映材料某些机械性质的参数。这些参数是设计构件的基本依据。但是,同一种材料用不同的实验方法,测得的数据是可能会有明显差异的。因此,为了正确地取得这些数据,实验时就必须依据国家规范,按照标准化的程序来进行。

(二) 验证理论的实验

材料力学中的一些公式都是在对实际问题进行简化和假设的基础上(例如,平面假设、材料均匀性、弹性和各向同性假设等)推导而得的。事实上,材料的性质往往与完全均匀和完全弹性是有差异的,因此必须通过实验对根据假设推导出的公式加以验证,才能确定公式的使用范围。此外,对于一些近似解答,其精确度也必须通过实验校核后才能在工程设计中使用。在本书中介绍的弯曲正应力实验就是这类实验之一。

(三) 实验应力分析

工程上有许多实际构件,其形状和受载情况是十分复杂的,其内部的应力大小及分布情况,单纯依靠材料力学的理论计算是难以解决的。近年来,虽然可以用有限元法来计算,但也要经过适当简化才有计算的可能;而且,对于用有限元法计算的结果的精确性,也要通过实验的方法来加以验证。实验应力分析就是一种用实验方法来测定构件中的应力和应变的手段,它是目前解决工程实际问题的一个新兴、有效的途径。运用实验

应力分析方法（如电测法、光测法、脆性涂层法、云纹法、X光衍射法、激光散斑法等）所获得的结果，不仅直接而且可靠，已成为工程实际中寻求最佳设计方案、合理使用材料、挖掘现有设备潜力以及验证和发展理论的有力工具。本书中仅简要地介绍了目前工程上最常用的电测法和光测法的基本原理与测试技术。

二、实验方法概述

在常温、静载下的材料力学实验中，所涉及到的物理量主要是作用在试件上的载荷和试件的变形。在进行实验时，力与变形往往要同时测量，此绝非一人所能完成的，一般需要3~5人协调进行，否则，就不能有效地完成实验。

实验时应注意以下几个方面的问题：

（一）实验前的准备工作

首先，应明确实验目的、原理和步骤。了解所用机器及测量仪表的构造、工作原理和使用方法。然后选定试样、估算最大荷载并拟定加载方案。

实验小组成员，应分工明确，操作要相互协调。实验小组成员一般可作如下分工：

1. 记录者（1人）。记录者应当是负责实验的总指挥。他的任务不仅仅是记录实验数据，更重要的是要及时地分析数据的好坏并保证实验的完整。

2. 测变形者（1~2人）。担任这项工作的同学，应深入了解仪表的性能，特别要弄清其操作规程、单位、放大倍数和测读方法，以免读错。此外，还应负责保护仪表。

3. 试验机操作者及测力者（1~2人）。分工负责这项工作的同学在实验前必须着重阅读机器的操作规程和注意事项。实验时严格遵照规程进行操作并正确读取载荷数据。此外，他们还应负责机器和人身的安全。

（二）实验的进行

在正式实验前，先要检查试验机的测力度盘指针是否对准零点，变形测试仪是否安装稳妥。然后进行一次试加载，可不作记录（不允许重复加载的实验除外），观察各部分情况是否正常；如正常，再正式加载实验并作记录。实验完毕，要检查数据是否齐全，交指导教师签字后，切断电源，清理设备，把使用的仪器归还原处，方可离室。

（三）实验报告的书写

实验报告是实验者最后交出的成果，是实验资料的总结。实验报告应包括下列内容：

1. 实验名称、实验日期、当时的室温、实验人员的姓名。
2. 实验目的。
3. 实验中使用的机器和仪表的名称、型号、精度（或放大倍数等）。
4. 实验数据及其处理。实验测量中，所使用的机器、仪器和量具，其标尺刻度的最小分度值是随机器、仪器和量具的精度不同而不同的。在测量时，除了要直接从标尺上读出可靠的刻度值外，还应该尽可能地读出其最小分度线的下一位估计值（只需一位）。例如，用百分表测变形，百分表的最小刻度值是0.01mm，其精度（仪器的最小刻度值代表了仪器的精度）即为百分之一mm。但实际上，在最小刻度间还可以作读数估计，例如可在百分表上读取0.128mm，其中，最后一位数字“8”就是估计出来的。这种由测量得来的可靠数字和末位的估计数字所组成的数字，称为有效数字。由此可见，有效数字的位数是取决于测量仪器的精度的，不能随意增减。多写了位数，意味着

夸大了仪器的精度；少写了位数，损失了测量所得的精度，也不合理。所以，在填写实验数据时，一定要注意其有效数字的位数应与仪器本身的精度相适应。例如用百分表测出的变形数据，其有效数字就应取三位，即 0.128mm 或 $128 \times 10^{-3}\text{mm}$ 。

5. 计算。实验中测得的数据，它们的有效数字位数有可能各不相同。在运算时就需要合理地处理。这里仅介绍数据处理及四则运算中要注意的最基本的方法。

a. 几个数相加（或相减）时，其和（或其差）在小数点后面所保留的位数，应与几个数中小数点后面位数最少的那个相同。例如： $4.33+31.7+2.652$ 应写为 38.7 ，而不应写为 38.682 。

b. 几个数相乘（或相除）时，其积（或其商）的有效数字位数应与几个数中位数最少的相同。例如：截面面积 $A=23.40\text{mm} \times 52.1\text{mm}$ 的计算结果，不必写成 $A=1219.14\text{mm}^2$ ，而应写作 $A=122 \times 10\text{mm}^2$ （或 $A=12.2\text{cm}^2$ ）。

c. 常数以及无理数（如 π 、 $\sqrt{2}$ 等）参与运算，不影响结果的有效数字位数。如无理数参与运算时，该无理数的位数只需取与有效数字最少的位数相同就够了。例如，测得一试件的直径为 10.02mm ，则该试件的横截面面积

$$A = \pi \times 10.02^2 / 4 = 3.142 \times 10.02^2 / 4 = 78.86\text{mm}^2$$

d. 在确定有效数字的位数时，如第一位数字 ≥ 8 ，则有效数字的位数可多算一位。例如 9.15 虽然只有3位，但可以认为它是4位有效数。

e. 求四个数或四个数以上的平均值时，结果的有效位数要增加一位。

f. 舍弃有效数字位数以后数字，按四舍六入五单双法处理。其舍弃方法：若应保留的最后位数的下一位数字小于5时，则应保留的最后位数的数字保持不变。当保留的最后位数的下一位数字大于5时，则在保留的最后位数的数字上增加1。当保留的最后位数的下一位数字为5，并且在5的后面没有数字或只有0时，如果保留的最后位数的数字为奇数，则在此位数的数字上加上1，如果是偶数，则保持不变。如果5后面还有其他不为零的数字，则在最后保留位数的数字上增加1。

例如，某一物理量 G 按相应的技术条件规定，所需位数只要三位。下面分左、右依次列出经过五次测试和计算得出的 G_i 和根据四舍六入五单双法的规定而整理的 G'_i ：

$G_1=28.447$	$G'_1=28.4$
$G_2=28.361$	$G'_2=28.4$
$G_3=28.35$	$G'_3=28.4$
$G_4=28.450$	$G'_4=28.4$
$G_5=28.354$	$G'_5=28.4$

6. 实验结果的表示。在实验中除需对测得的数据进行整理并计算实验结果外，一般还要采用图表或曲线来表达实验成果。实验曲线应绘在座标纸上。图中应注明座标轴所代表的物理量和比例尺。实验测得的坐标点应当用记号表示，例如：“ $\times$ ”、“ $\triangle$ ”、“ 0 ”等等。当联结各坐标点为曲线时，不要用直线逐点联成折线，应当根据多数点的所在位置，描绘出光滑的曲线，或用最小二乘法进行计算，选出最佳曲线。

7. 在报告的最后部分，应当对实验结果进行分析，说明其主要结果是否正确，对误差加以分析，并回答指定的思考题。

实验一 拉 伸 实 验

拉伸实验是检验材料机械性能的最基本的实验。

一、实验目的

1. 了解试验设备——万能材料试验机的构造和工作原理，掌握其操作规程及使用时的注意事项。
2. 测定低碳钢的屈服极限(流动极限) σ_s 、强度极限 σ_b 、伸长率 δ 、断面收缩率 ψ 。
3. 测定铸铁的强度极限 σ_b 。
4. 观察以上两种材料在拉伸过程中的各种现象，并利用自动绘图装置绘制拉伸图($p-\Delta L$ 曲线)。
5. 比较低碳钢(塑性材料)与铸铁(脆性材料)拉伸时的机械性质。

二、实验设备和量具

1. 量具：游标卡尺、钢尺、分规。
2. 设备：万能材料试验机。

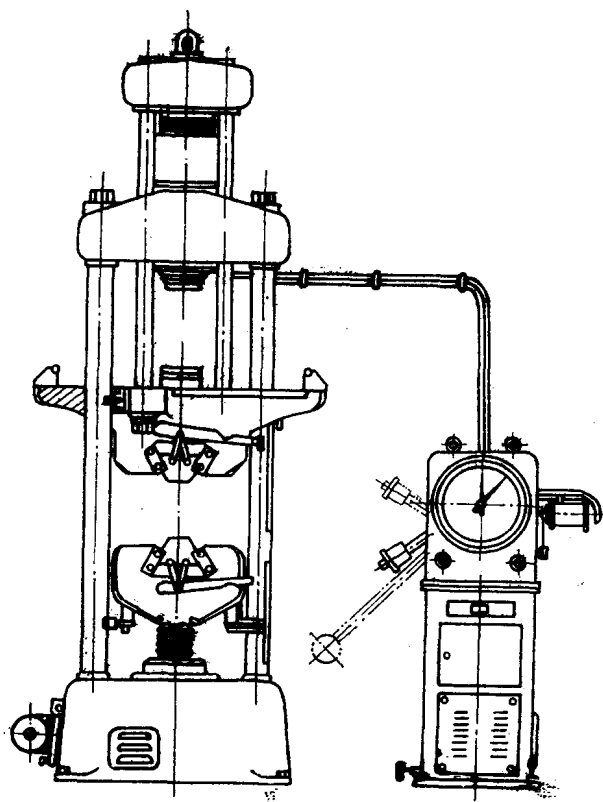


图1-1 液压式万能材料试验机外形图

下面将万能材料试验机的构造、工作原理及操作规程介绍如下：

在材料力学实验中，最常用的机器是万能材料试验机。它可以做拉伸、压缩、剪切、弯曲等试验，故习惯上称它为万能材料试验机，又简称为全能机。全能机有多种类型。这里仅对常用的两种类型介绍如下：

1) WE—30 型液压摆式万能材料试验机

WE—30 型液压摆式万能材料试验机的外形如图1-1,它的构造原理示意图如图1-2。

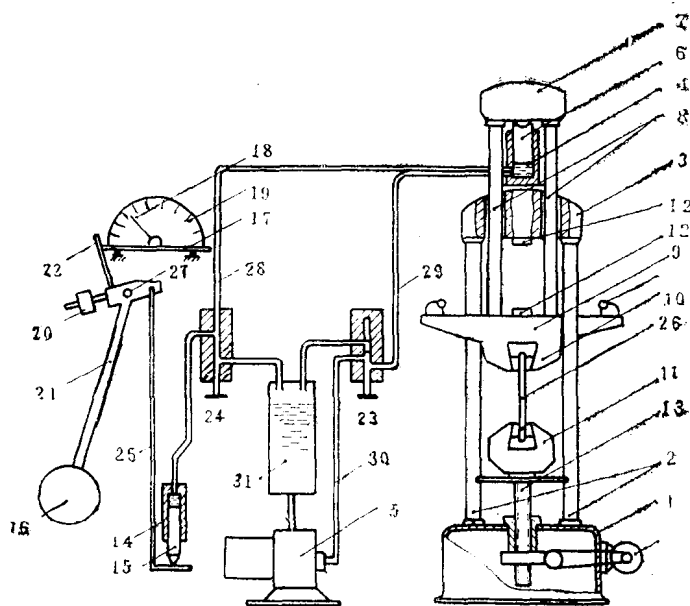


图1-2 液压摆式万能材料试验机原理示意图

- 1—底座；2—固定立柱；3—固定横梁；4—工作油缸；5—油泵；6—工作活塞；7—上横梁；
8—活动立柱；9—活动平台；10—上夹头；11—下夹头；12—上垫板、下垫板；13—螺杆；
14—测力油缸；15—测力活塞；16—摆锤；17—齿杆；18—指针；19—测力度盘；20—平衡铰；
21—摆杆；22—推杆；23—送油阀；24—回油阀；25—拉杆；26—试件；27—支点；
28, 29, 30—油管；31—油箱。

(1) 加力部分 在试验机的底座上，装有两根固定立柱2，立柱支承着固定横梁3及工作油缸4。当开动油泵电动机后，电动机带动油泵5，将油箱里的油，经送油阀22送至工作油缸4，推动其工作活塞6，使上横梁7、活动立柱8和活动平台9向上移动。如将拉伸试样装于上夹头10和下夹头11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12内，平台上升时，则试样受到压缩。

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 装在试验机上的试样受力后，它受力大小，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。这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14联通,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15,带动测力拉杆,使摆杆21和摆锤16绕支点转动。试样受力愈大,摆的转角也愈大。摆杆转动时,它上面的推杆便推动水平齿条17,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。摆锤的重量可以调换,一般试验机可以更换三种锤重,故测力度盘上也相应有三种刻度,这三种刻度对应着机器的三种不同的量程。WE—30型万能试验机有0~60KN、0~150KN、0~300KN三种测量量程。

(3) 操作步骤

① 加载前,测力指针应指在度盘的“零”点,否则必须加以调整。调整时,先开动油泵电动机,将活动平台升起3~5mm左右,然后稍旋动摆杆上的平衡铊20,使摆杆保持铅直位置,再转动水平齿条使指针对准“零”点。其所以先升起活动平台才调整零点的原因,是由于上横梁、活动立柱8和活动平台等有相当大的质量,要有一定的油压才能将它升起。但是这部分油压并未用来给试样加载,不应反映到试样载荷的读数中去。

② 选择量程,装上相应的锤重。再一次按①方法,校准“零”点。调好回油缓冲器的旋钮,使之与所选的量程相同。

③ 安装试样。压缩试样必须放置垫板。拉伸试样则须调整下夹头位置,使拉伸区间与试样长短适应。注意:试样夹紧后,绝对不允许再调整下夹头,否则会造成烧毁下夹头电动机的严重事故。

④ 调整好自动绘图仪的传动装置和笔、纸等。

⑤ 检查送油、回油阀,一定要注意它们均应在关闭位置。

⑥ 开动油泵电动机,缓缓打开送油阀,用慢速均匀加载。

⑦ 实验完毕,立即停车取下试样。这时关闭送油阀,缓慢打开回油阀,使油液泄回油箱,于是活动平台回到原始位置。最后将一切机构复原,并清理机器。

(4) 注意事项

① 开车前和停车后,送油阀、回油阀一定要在关闭位置。加载、卸载和回油均应缓慢进行。加载时要求测力指针匀速平稳地走动,应严防送油阀开得过大,测力指针走动太快,致使试样受到冲击作用。

② 拉伸试样夹住后,不得再调整下夹头的位置,以免带动下夹头升降的电动机烧坏。

③ 机器运转时,操纵者必须集中注意力,中途不得离开,以免发生安全事故。

④ 试验时,不得触动摆锤,以免影响试验读数。

⑤ 在使用机器的过程中,如果听到异声或发生任何故障应立即停车(切断电源),进行检查和修复。

2) 机械传动杠杆摆式万能材料试验机

这种全能机的构造原理示意图如图1-3。

(1) 加载部分 这种试验机,可用电动机也可用手摇装置进行加载。用电动机加载时,要先将离合器手柄6调到“电动加载”位置,再开动电动机7。这时,通过无级变速箱9带动底座1内的蜗杆、蜗轮转动,使螺杆2和下夹头4沿导轨5向上或向下移

动。向下时使试样拉伸；向上时使试样压缩。如需调节加载速度，可转动调速手轮10，轮上的标记是表示下夹头移动的速度，它可在5毫米/分到35毫米/分的范围内变动。由于采用了无级变速机构，所以一定要在电动机7转动时才能调节手轮。加载速度调好后，

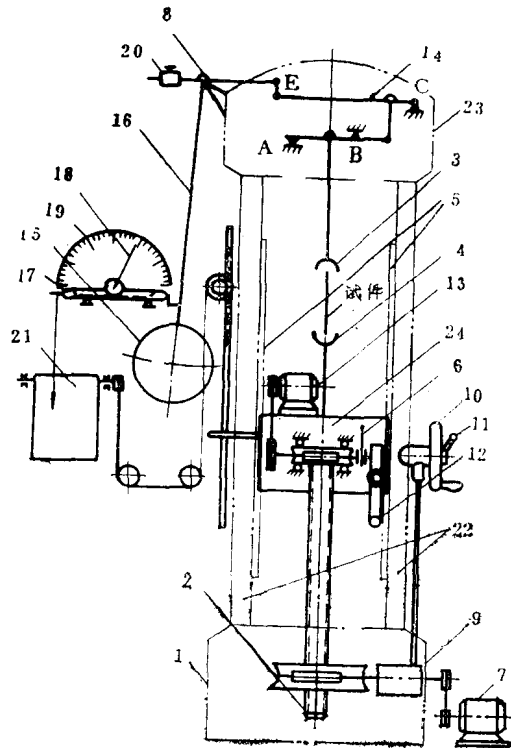


图1-3 杠杆摆式万能材料试验机原理示意图

- 1—底座；2—螺杆；3—上夹头；4—下夹头；5—导轨；6—离合器手柄；7—电动机；
8—支点；9—无级变速箱；10—调速手轮；11—旋紧手柄；12—手摇柄；13—小电动机，
14—杠杆系统，15—摆锤，16—摆杆，17—水平齿杆，18—指针，19—测力度盘，20—平衡砣
21—自动绘图装置，22—立柱，23—横梁，24—活动平台

应旋紧手柄11，以免位置变动。需要特别慢速加载时，可先将离合器手柄6调到“手摇加载”位置，再摇动手摇柄12使下夹头4移动。每摇动一圈，下夹头移动0.01毫米。注意：更换加载方法时，最好先停止电动机7，再调动离合器6，否则万一不慎有可能产生烧毁小电动机13的事故。

如果试样长度与试验空间不合时，可开动电动机7予以调整。当空间距离相差过多时，可用快速调距，即先开动电动机7，再将离合器手柄6调到“定位”位置。这时除了电动机7能动外，还启动了下夹头后面的小电动机13，它带动下夹头中的螺杆2，使其转动，加快了下夹头的移动速度。注意：这个小电动机功率很小，只能在没有安装试样时用来调整距离，切勿用它来加载。

(2) 测力部分 作用在试样上的力是通过夹头加上的。按作用与反作用定律，试样也以同样的力加在夹头上。上夹头3受了这个力之后，通过AB和CE两级杠杆系统14的

传递,带动摆锤15绕支点转动而抬起。 AB 杠杆有两个支点:试样受拉力时,以 A 为支点, B 点脱开;但受压力时,便自动地改变为以 B 作支点,而 A 点脱开。这样,无论拉伸或压缩总是使摆锤向一个方向摆动。摆杆16又推动水平齿杆17使齿轮带动指针18转动。因指针旋转的角度与试样所受的力成正比(故测力度盘19上的刻度均为等分),这样在度盘上便可读出试样受载大小。

如果增加或减少摆锤的重量,虽然指针旋转同一角度,但所指示的力并不相同。一般试验机可以更换三种锤重,测力度盘上也对应地有三种刻度,分别表示三种测力范围。实验时,要先根据试样所需的载荷选择适宜的测力范围。

加载前,测力指针应指在测力度盘上的“零”点。否则应稍动平衡铰20,使摆杆16保持垂直,便可使指针对准“零”点。

(3) 操作步骤

① 检查试验机夹头的类型和规格是否与试样相配合;离合器、调速手轮和导轨5上的自动保险开关是否在正确位置;检查自动绘图器是否正常等。

② 根据实验所需最大载荷,选择合适的量程,配置相应的摆锤。

③ 检查测力指针是否对准“零”点。

④ 安装试样。试验空间不合适时,可按前述方法调节。

⑤ 调好自动绘图器的传动装置和笔、纸等。

⑥ 加载。手摇加载时,要先将离合器手柄放在“手摇加载”位置,再摇动手摇柄。电动加载时,要先将离合器手柄放在“电动加载”位置,然后启动电动机7。

⑦ 实验完毕即停车。按与加载相反的方向开动电动机卸去载荷,取下试样。将一切机构复原,并清理机器。

(4) 注意事项

① 当调节离合器手柄6于“手摇加载”位置时,要同时转动手摇柄12,以便离合器啮合。

② 当需要调速时,一定要先开动马达7,才能转动调速手轮进行调速。

③ 小电动机13带动螺杆2,只能用于快速调距,不得用于加载或卸载。因小电机13功率小,如用来加载或卸载,就会把它烧坏。

④ 不论离合器手柄6是在什么位置,当按了电门开关“向上”(或“向下”)电钮后,这时下夹头在向上(或向下)移动,如果使下夹头向反方向移动,则必须先按“停”,然后再按“向下”(或“向上”)的电钮。

⑤ 机器运转时,操纵者不得离开。实验时,不得触动摆锤。

⑥ 使用中,听见异声或发生任何故障应立即停车并切断电源,同时报告指导教师,排除故障。

三、实验原理

1. 为了检验低碳钢拉伸时的机械性质,应使试样轴向受拉直到断裂,在拉伸过程中以及试样断裂后,测读出必要的特征数据(如: p_s 、 p_b 、 l_1 、 d_1)经过计算,便可得到表示材料力学性能的四大指标: σ_s 、 σ_b 、 δ 、 ψ 。

2. 铸铁属脆性材料，轴向拉伸时，在变形很小的情况下就断裂，故一般测定其抗拉强度 σ_b 。

四、实验试样

试样的各部分名称如图1-4。

夹持部分用来装入试验机夹具中以便夹紧试样，过渡部分用来保证标距部分能均匀受力，这两部分的形状和尺寸，决定于试样的截面形状和尺寸以及机器夹具类型。

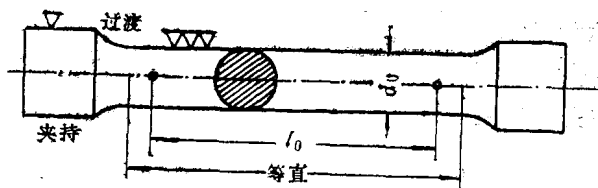


图1-4 圆形截面试件

标距 l_0 是待试部分，也是试样的主体，其长度通常简称为标距，也称为计算长度。

试样的尺寸和形状对材料的塑性性质影响很大。为了能正确地比较材料的机械性质，国家对试样尺寸作了标准化规定。

拉伸试样分比例试样和非比例试样两种。比例试样系按公式 $l_0 = K\sqrt{A_0}$ 计算而得。式中： l_0 为标距， A_0 为标距部分原始截面积，系数 K 通常为5.65和11.3（前者称为短试样，后者称为长试样）。据此，短、长圆形试样的标距长度 l_0 分别等于 $5d_0$ 和 $10d_0$ 。非比例试样的标距与其原横截面间无上述一定的关系。

根据国家标准（GB228—76）将比例试样尺寸列表如下：

试样		标距长度 L_0 (mm)	横截面积 A_0 (mm ²)	圆形试样直径	表示伸长率的符号
比例	长	$11.3\sqrt{A_0}$ 或 $10d_0$	任意的	任意的	δ_{10}
	短	$5.65\sqrt{A_0}$ 或 $5d_0$			δ_5

表中 d_0 表示试样标距部分的原始直径， δ_{10} 和 δ_5 分别表示标距长度 L_0 为直径 d_0 的10倍和5倍的试样伸长率。

常用试样的形状尺寸、光洁度等可查国家标准GB228—76中的附录一、二。

五、实验方法及步骤

1. 低碳钢试样的拉伸实验

1) 测定试样的截面尺寸——圆试样测定其直径 d_0 的方法是：在试样标距长度的两端和中间三处予以测量，每处在两个相互垂直的方向上各测一次，取其算术平均值，然后取这三个平均数的最小值作为 d_0 ；矩形试样测三个截面的宽度 b 与厚度 a ，求出相应的三个 A_0 ，取最小的值作为 A_0 。 A_0 的计算精确度：当 $A_0 \leq 100\text{mm}^2$ 时 A_0 取小数点后面一位，当 $A_0 > 100\text{mm}^2$ 时 A_0 取整数。所需位数以后的数字按四舍六入处理。

2) 试样标距长度 l_0 除了要根据圆试样的直径 d_0 或矩形试样的截面积 A_0 来确定外，还应将其化整到5mm或10mm的倍数。小于2.5mm的数值舍去之；等于或大于2.5mm但小

于7.5mm者化整为5mm；等于或大于7.5mm者进为10mm。在标距长度的两端各打一小标点，此二点的位置，应做到使其连线平行于试样的轴线。两标点之间用分划器等分10格或20格，并刻出分格线，以便观察变形分布情况，测定延伸率 δ 。

3) 根据低碳钢的强度极限，估计加在试样上的最大载荷，据以选择适当的机器量程（也称载荷级）。

每台全能机都有几个载荷级，其刻度范围均自零至该级载荷的最大值。由于机器测力部分本身精确度的限制，每级载荷的刻度范围只有一部分是有效的。有效部分的规律如下：

下限不小于该载荷级最大值的10%，且不小于整机最大载荷的4%。

上限不大于该载荷级最大值的90%。

实验时应保证全部待测载荷均在此范围之内。就本次实验来说，也就是须保证屈服载荷 P_s 和极限载荷 P_b 均在该范围之内。假使机器有两个载荷级都能满足要求，则应取较小的载荷级以提高载荷测读精度。

选定好机器量程，挂好相应摆锤之后就可按一般程序调整试验机，安装试样，并试车一次，即预加少量载荷然后卸载，至零点附近。试车的目的是检查包括自动绘图装置在内的试验机工作是否正常。

4) 试车正常后，正式实验即可开始。

用慢速加载，使试样的变形匀速增长。国家标准规定的拉伸速度是：屈服前，应力增加速度为 $10\text{N/mm}^2/\text{s}$ ($1\text{kgf/mm}^2/\text{s}$)，屈服后，试验机活动夹头在负荷下的移动速度不大于 $0.5\text{mm}/\text{min}$ 。在试样匀速变形的过程中，测力盘上的指针起初也是匀速前进的，但是，当指针停止前进或来回摆动时就表明试样进入了屈服阶段，读出此时的最小载荷 P_s 。借助于试验机上自动绘出的载荷——变形曲线可以帮助我们更好的判断屈服阶段的到达。对于 A_3 钢来说，屈服时的曲线如图1-5(a)所示，其中， $P_{s上}$ 叫做上屈服载荷，与锯齿状曲线段最低点相应的最小载荷 $P_{s下}$ 叫下屈服载荷。由于上屈服载荷随试样过渡部分的不同而有很大差异，而下屈服载荷则基本一致，因此一般规定以下屈服载荷来计算屈服极限 σ_s ，即 $\sigma_s = P_{s下}/A_0 = P_{s下}/A_0$ 。有些材料，屈服时的 $P-\Delta L$ 曲线基本上是一个平台状的曲线而不是呈现出锯齿形状，如图1-5(b)所示。

屈服阶段終了以后，要使试样继续变形，就必须加大载荷。这时载荷——变形曲线将开始上升。

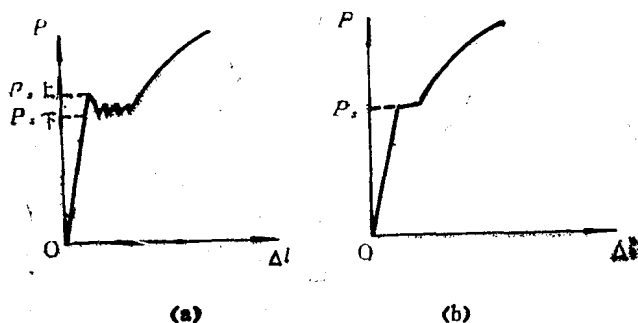


图1-5 不同钢材的屈服图

材料进入强化阶段。如果在这一阶段的某一点处时进行卸载，则可以在自动绘图仪上得到一条卸载曲线，实验表明，它与曲线的起始直线部分基本平行。卸载后若重新加载，加载曲线则沿原卸载曲线上上升直到该点，此后曲线基本上与未经卸载的曲线重合，这就是冷作硬化效应。

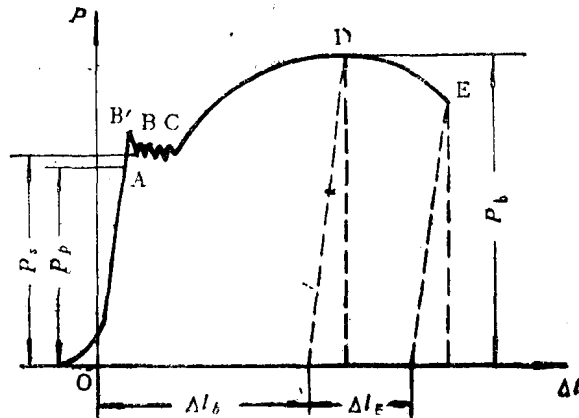


图1-6 低碳钢拉伸图

随着实验的继续进行，载荷——变形曲线将渐趋平缓。当载荷达到最大 P_b 之后，曲线下降。与此同时，在试样上可以看到某一局部开始出现颈缩现象，而且发展得相当快。从试验机的测力度盘上看，在达到 P_b 之后，测力指针也相应地由慢到快地回转。最后试样断裂。根据测得的 P_b 可以按 $\sigma_b = P_b / A_0$ 计算出强度极限 σ_b 。

试样断后标距部分长度 l_1 的测量：将试样拉断后的两段在拉断处紧密对接起来，尽量使其轴线位于一条直线上。拉断处由于各种原因形成缝隙，则此缝隙应计入试样拉断后的标距部分长度内。 l_1 用下述方法之一测定。

直测法：如拉断处到邻近标距端点的距离大于 $l_0/3$ 时，可直接测量两端点间的长度。

移位法：如拉断处到邻近标距端点的距离小于 $l_0/3$ 时，则可按下法确定 l_1 ：

在长段上从拉断处O取基本等于短段格数，得B点，接着取等于长段所余格数（偶数，图1-7a）之半，得C点；或者取余格数（奇数，图1-7b）减1与加1之半，分别得C与C₁点，移位后的 l_1 分别为 $AO + OB + 2BC$ 或 $AO + OB + BC + BC_1$ 。

测量了 l_1 ，按下式计算伸长率，即

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

短、长比例试样的伸长率分别以 δ_5 、 δ_{10} 表示。

拉断后缩颈处截面积 A_1 的测定：

圆形试样在缩颈最小处两个相互垂直方向上测量其直径，用二者的算术平均值作为断口直径 d_1 来计算其 A_1 。断面收缩率按下式计算：

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

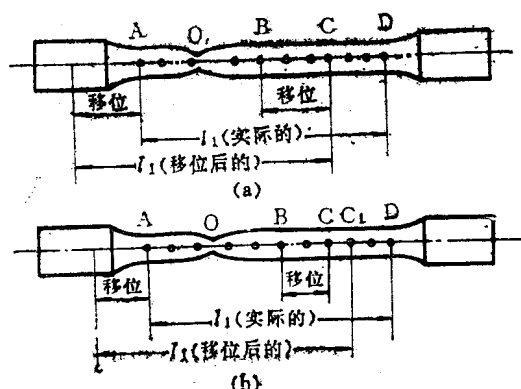


图1-7 断口移位法示意图

最后，在进行数据处理时，按有效数字的选取和运算法则确定所需的位数，所需位数后的数字，按四舍六入五单双法处理。

2. 灰铸铁试样的拉伸实验

灰铸铁这类脆性材料拉伸时的载荷——变形曲线如图 1-8 所示。它不象低碳钢拉伸那样明显可为分线性、屈服、颈缩、断裂等四个阶段而是一根非常接近直线状的曲线，并且没有下降段。灰铸铁试样是在非常微小的变形情况下突然断裂的，断裂后几乎测不到残余变形。注意到这些特点，可知灰铸铁不仅不具有 σ_s ，而且测定它的 δ 和 ψ 也没有实际意义。这样，对灰铸铁只需测定它的强度极限 σ_b 就可以了。

测定 σ_b ，可取制备好的试样，只测出其截面积 A_0 ，然后装在试验机上逐渐缓慢加载直到试样断裂，记下最大载荷 P_b ，据此即可算得强度极限 $\sigma_b = \frac{P_b}{A_0}$ 。

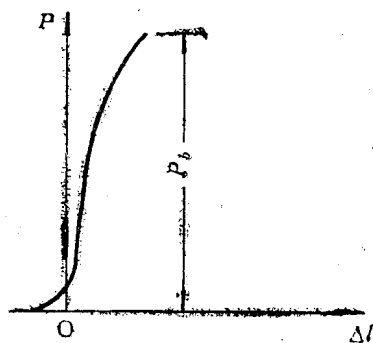


图1-8 铸铁拉伸图