

材料力学实验

黄 燕 黎明发 编



武汉工业大学出版社



000003412099

材料力学实验

黄 燕 黎明发 编

武汉工业大学出版社

内 容 提 要

本书根据工科力学课程指导委员会材料力学课程教学指导小组制订的“材料力学课程基本要求”中提出的实验项目编写的。全书共分三章,分别为材料的力学性能测定、电阻应变测量技术和光弹性试验方法。书中共列出了17个教学实验,其中不带*号的各节为基本要求规定的基本实验,带*号的各节为选做实验,供不同专业选用。为了便于阅读,对各种实验方法的原理作了扼要的介绍。

本书可作“材料力学”和“工程力学”课程的实验指导书,也可供工程技术人员或自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学实验/黄燕,黎明发编. —武汉:武汉工业大学出版社,1997.2

ISBN 7-5629-1226-2

I. 材… I. ①黄…②黎… II. 材料力学—实验—教材 N.TB·301

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞珈路14号 邮编:430070)

武汉汽车工业大学印刷厂印刷

※

开本:787×1092 1/16 印张:6.5 字数:150千

1997年2月第1版 1997年2月第1次印刷

印数:1-5000

定价:6.50元

(如有印刷质量问题,请与承印厂调换)

前 言

实验是材料力学和工程力学课程的重要教学环节,也是两门力学课程的重要组成部分。在力学学科中,很多结论、定律、基本假定以及材料的力学性质等,都需要通过实验来验证和测定;各种复杂构件的强度和刚度的研究,也需要通过实验才能解决。因此,力学实验是材料力学和工程力学课程中必须掌握的基本技能之一。

力学实验包括以下三方面的内容。

一、测定材料的力学性质。材料的力学性质通常是通过拉伸、压缩、扭转、断裂韧性测试等试验来测定的。通过这些试验,学会测量材料的力学性能的基本方法。在工程上,各种材料的力学性能是设计构件时不可缺少的依据。

二、验证理论公式的正确性。在理论分析中,将实际问题抽象为理想模型,并作出某些科学假设(如弯曲中的平截面假定等),使问题简化,从而推出一般性结论和公式,这是理论研究中常用的方法。但是这些假设和结论是否正确,理论公式能否应用于实际之中,必须通过实验来验证。

三、实验应力分析。在工程实践中,很多构件的形状和受载情况比较复杂,单纯依靠理论计算不易得到正确的结果,必须用实验的方法来了解构件的应力分布规律,从而解决强度问题,这种方法称为实验应力分析。目前实验应力分析的方法很多,这里只介绍应用较广的电测法及光弹性试验法。

通过材料力学实验课程,要求学生初步掌握试验方法,常用试验机、电阻应变仪等试验设备的使用方法,以及实验结果整理方法等基本内容。

实验时,学生必须遵守以下守则:

1. 实验前,必须预习实验指导书。
2. 进入实验室,不得高声喧嚷,切勿擅动机器、仪器。
3. 实验时应严肃认真,严格遵守操作规程和注意事项。试验准备工作经指导人员检查合格后,才能进行测试。
4. 机器、仪表发生故障,应立即报告指导人员,及时检查处理。遇有违反操作规程而造成事故的学生,将按情予以教育或处分。
5. 实验记录须经指导教师审阅签字。
6. 清理现场并将所用工具放回原处。

本书由顾伯达教授主审,曾翠林同志绘制全书插图。王运梅、余非拉同志参加了部分编写工作。在本书的编写、出版过程中,得到力学教研室很多同志的支持和协助,在此深表谢意。

对书中存在缺点和不足之处,希望广大教师和读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 材料的力学性能试验

§ 1-1 油压式万能试验机	(1)
§ 1-2 扭转试验机	(2)
§ 1-3 疲劳试验机	(6)
§ 1-4 引伸仪	(8)
§ 1-5 拉伸试验	(9)
§ 1-6 压缩试验	(13)
§ 1-7 材料弹性模量的测定	(15)
* § 1-8 规定比例极限的测定	(17)
* § 1-9 材料屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 的测定(方案一)	(18)
§ 1-10 扭转试验	(22)
§ 1-11 材料持久极限的测定(演示试验)	(26)
* § 1-12 平面应变断裂韧性 K_{IC} 的测试	(28)

第二章 电阻应变测量技术

§ 2-1 概述	(33)
§ 2-2 电阻应变仪	(34)
§ 2-3 光线示波器	(46)
§ 2-4 X-Y 函数记录仪	(50)
§ 2-5 拉伸时材料弹性常数的测定	(51)
§ 2-6 测量电桥的接法试验	(52)
§ 2-7 梁的弯曲应力测量	(54)
§ 2-8 主应力测定	(56)
* § 2-9 材料屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 的测定(方案二)	(58)
* § 2-10 动态应变测量	(60)

第三章 光弹性试验方法

§ 3-1 光弹仪	(62)
§ 3-2 光弹性试验(演示)	(64)
* § 3-3 材料条纹值、小孔应力集中系数的测定	(68)
* § 3-4 三点弯曲梁的横截面上应力分布规律的测定	(70)

附录 I 应变、应力的测量	(75)
---------------------	------

附录 II 误差分析	(81)
------------------	------

第一章 材料的力学性能试验

§ 1-1 油压式万能试验机

在材料的力学性能试验中，一般都要给试件施加载荷，这种加载用的设备称为试验机，目前较普遍使用的是油压式万能试验机，它可以进行材料的拉伸、压缩、弯曲和剪切等多种试验。

一、构造原理

油压式万能试验机类型很多，但基本原理是相似的，都是由加载和测力两部分组成，其构造原理示意图如图 1-1 所示。

1) 加载部分

在机器底座 1 上，装有两根固定立柱 2，它支承着固定横头 3 和工作油缸 4。开动电机 (1)，带动油泵 15，将油液从油箱经油管 18，送入工作油缸，从而推动活塞 5，上横头 6、活动立柱 7 和活动台 8 上升。若将试件两端装在上下夹头 9、10 中，因下夹头固定不动，当活动台上升时便使试件发生拉伸变形，承受拉力。若把试件放在活动台上，当活动台上升时，就使试件与上垫板 12 接触而被压缩，承受压力。在试验机的输油管路中，装有进油阀门 16 和回油阀门 17，进油阀门用来控制进入工作油缸中的油量，以便调节试件加载速度。回油阀门打开，即可使工作油缸中的油液返回油箱 14，活动台下降，回到原始位置。

如果拉伸试件的长度不同，可由电动机 (2)，使螺柱 13 上下移动，调节下夹头的位置。必须注意：在试件装上以后，不准再开动电动机 (2)，以免损坏机器。

2) 测力部分

加载时，油缸中油液推动活塞 5 的力与试件所受的力相等。由于油管 19 将工作油缸与测力油缸 20 连通，此油压便推动测力活塞 21，通过拉杆 22 使摆锤 26 绕支点 23 转动而抬起，同时摆上的推杆 24 便推动水平螺杆 27，使齿轮与指针 28 旋转。指针旋转角度与油压成正比，即与试件上所加载荷成正比。因此在测力盘 29 上，便可读出试件受力大小。一般试验机有三种不同的摆锤重量，在测力盘上对应地有三种测力范围。试验时，根据所需载荷选择。

加载前，测力指针应在度盘上的“零”点，否则必须加以调整。调整时，先开动电动机 (1)，将活动台 8 升起 1 cm 左右，然后稍微移动摆杆上的平衡砣 30，使摆杆 25 保持垂直位置，再转动水平螺杆使指针对准“零”点。这样活动台、活动立柱和上横头的重量就不反映在载荷的读数中了。

试验机一般还附有自动绘图装置（原理图中未画出），用以自动绘制载荷——变形曲线。还有测量位移大小的标尺等附属设备。

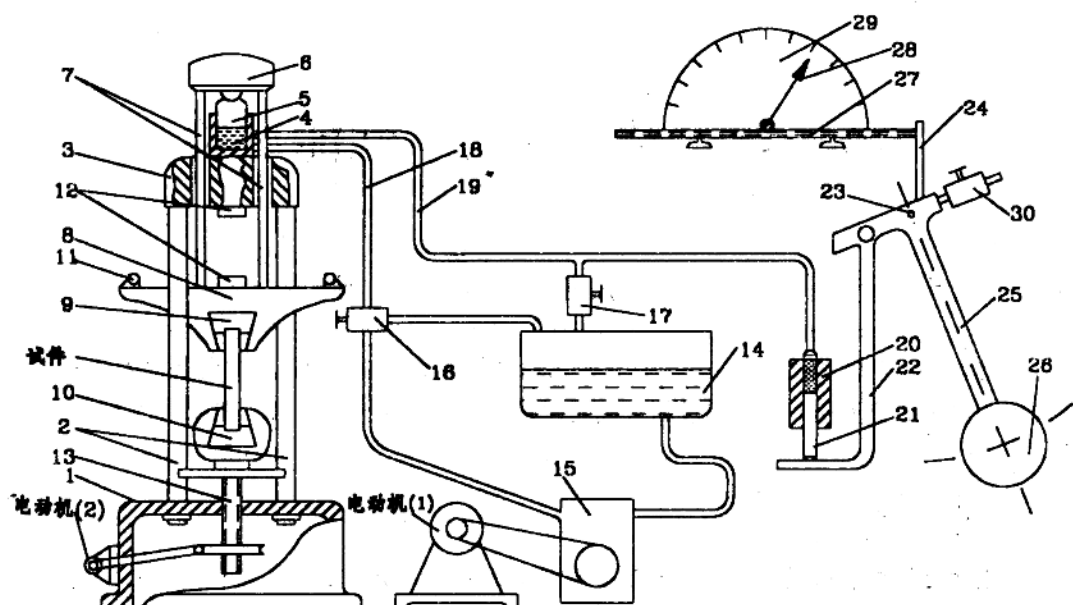


图 1-1

二、操作步骤

- 1) 根据所需载荷的大小, 选择测力盘, 并配置相应的摆锤。
- 2) 开动电动机 (1), 使活动台上升 10 mm 左右, 调整指针到“零”点。
- 3) 安装试件。
- 4) 调整好自动绘图器。
- 5) 打开进油阀门缓慢均匀地给试件加载, 进行试验。
- 6) 试验完毕, 停车、卸载、整理现场。

三、注意事项

- 1) 开车前和停车后, 进油阀门一定要置于关闭位置。加载、卸载均应缓慢进行。
- 2) 拉伸试件夹住后, 不得再调下夹头位置。
- 3) 机器运转时, 操作者不得离开。实验时, 不得触动摆锤。
- 4) 使用时, 听见异声或发生故障应立即停机。

§ 1-2 扭转试验机

这种试验机可以对试件施加扭矩并能指示扭矩的大小, 是一种专供扭转试验用的设备。本节介绍 K-50 型扭转试验机和 NN-100A 型扭力试验机。

一、K-50 型扭转试验机

此种试验机采用机械传动加载, 用摆式机构测扭矩。当摆锤重量不同时, 便有不同的测

力范围。它的最大载荷是 $500\text{N} \cdot \text{m}$ ，有三个测力盘，分别是 $0 \sim 100$ 、 $0 \sim 200$ 、 $0 \sim 500\text{N} \cdot \text{m}$ 。它适用于直径在 $10 \sim 25\text{mm}$ ，长为 $100 \sim 700\text{mm}$ 的试件。

下面介绍它的构造原理，操作步骤和注意事项。

一) 构造原理

试验机的构造原理如图 1-2 所示。开动电机 10 或摇动手摇把 6 使轴 (I) 转动，通过蜗轮副 9，传动主轴 8 以及齿轮 15、16 使活动夹头 1 转动，再经试件使固定夹头 2 也随之略有转动，从而使与固定夹头连在一起的摆锤 13 抬起，而摆锤的重力即对试件产生一个力矩，即为试件所受到的扭矩。

摆锤抬起时，带动齿条 14 移动，因而使小齿轮及指针 12 在测矩盘上转过某一角度，从而标出所加扭矩之大小。

扭转试验机上还附有自动绘图器及测角度盘，用以记录扭矩—转角曲线及扭转角度。

二) 操作步骤

(1) 根据试件所需的最大扭矩，选择合适的测矩度盘，并配置相应的摆锤。

(2) 摆杆 11 保持垂直时，测力指针应对准“零”点。否则，松开度盘上的螺母，转动度盘使指针对准“零”点，然后拧紧螺母。

(3) 将试件安装在固定夹头和活动夹头中，先夹紧固定夹头再夹紧活动夹头。

(4) 调整好自动绘图器及测角度盘。

(5) 加载，如需慢速加载，先将试验机上的变速杆放在“手动”位置，然后摇动手柄，测力盘上示出扭矩大小。如需快速加载，先将变速杆放有“ 0.3r/min ”或“ 1r/min ”标记处，开动电动机 10，对试件快速加载。

(6) 试验完毕，停车，清理现场。

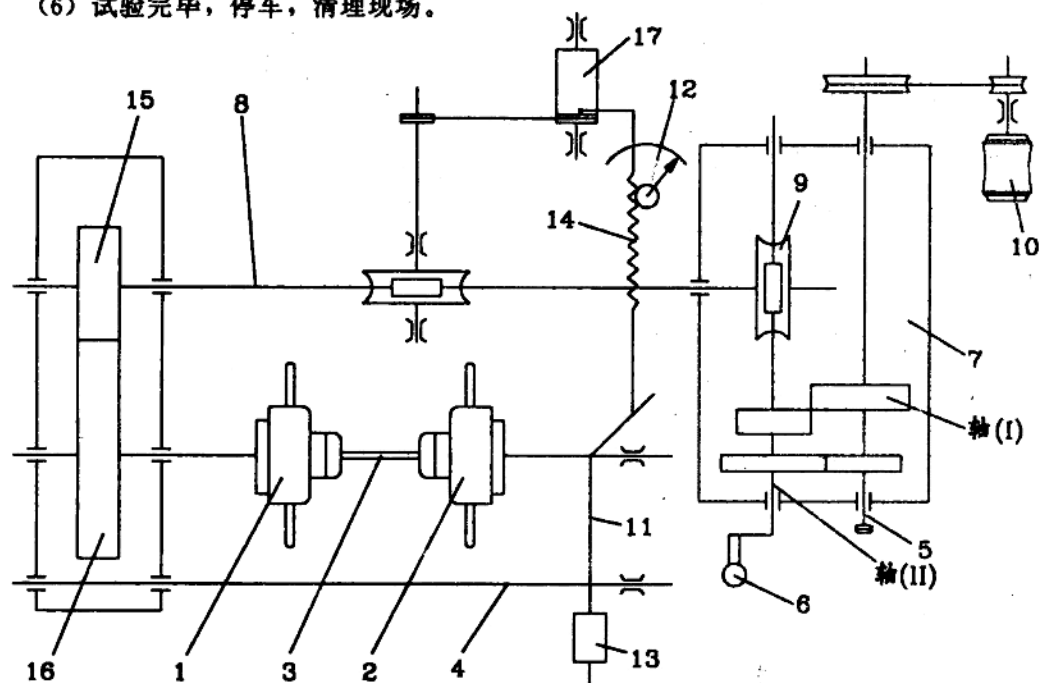


图 1-2

三) 注意事项

- (1) 试验机运转时, 操作者不得离开。听见异声或发生任何故障, 应立即停车。
- (2) 在试验时, 不得任意触动摆锤。
- (3) 试件要夹紧, 以免开车后打滑。
- (4) 电动加载时, 要先取下手摇柄。加载方法和加载速度需改变时, 必须在停车后进行。

二、NN-100A 型扭力试验机

一) 构造原理

NN-100A 型扭力试验机由加载和测力两部分组成, 图 1-3 (a) 为外型及加载部分原理图, 图 1-3 (b) 为测力部分原理图。

加载部分由电动机 6 带动变速箱 5、减速箱 9 使主动夹头 1 转动而产生扭矩。变速箱 5 可以产生四级转速, 从而使主动夹头 1 相应地产生 $7^{\circ}/\text{min}$ 、 $21^{\circ}/\text{min}$ 、 $60^{\circ}/\text{min}$ 和 $180^{\circ}/\text{min}$ 的

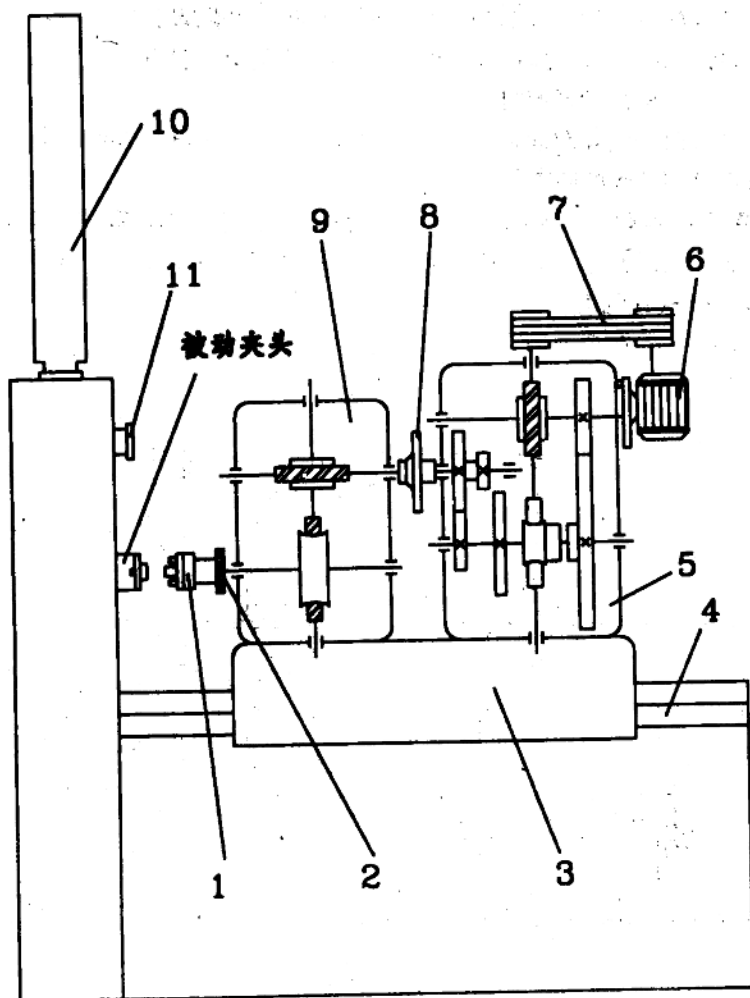


图 1-3 (a)

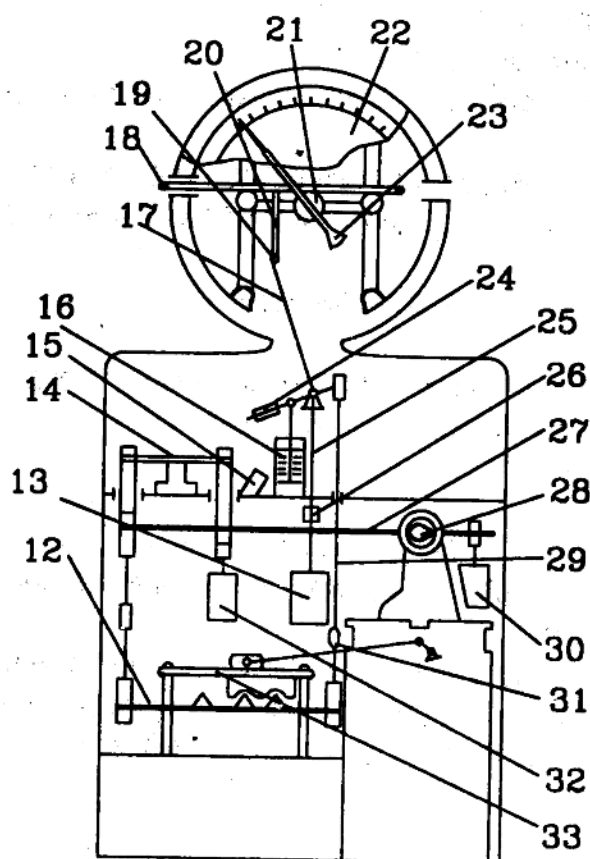


图 1-3 (b)

四种不同转速。而且，电动机 6 可以正反两个方向转动，使夹头 1 能产生正反两个方向的扭矩，以便进行两个方向的扭转试验。如果不用电动机，也可以由手轮 8 轻松地带动减速箱 9 中的二对蜗轮副使主动夹头 1 转动。

测力部分，在加载时，由试件传递给被动夹头 28 上的扭矩通过大杠杆 27，反向杠杆 14（反向加载时用），变支点杠杆 12 作用到拉杆 29，拉动摆锤 13 扬起一个角度。摆锤的重力对摆动中心 O 形成的力矩与外加的力矩相平衡。与摆锤同轴的拔杆 17 在摆锤扬起的时，拨动小轮 19，带动推杆 20 走动，推杆上的钢丝绳拉动绳轮 21，使指针 23 转动，并在圆盘 22 上指示相应的扭矩数值，试验机表头共有三种测量范围：0~1000 N·m；0~500 N·m；0~200 N·m。转动测力表头下面的变量程手轮 11，可以改变测量范围。

二) 操作步骤

- (1) 根据估算的最大载荷，选择测量范围。
- (2) 安装试件，把试件插入夹头 1 和 28 中，此时测力表头的主动指针应在零点上。
- (3) 在开机前选好主动夹头的转速。手动时，变速操作手柄应放在铅直的位置。
- (4) 装完试件，旋转表头上的被动针使之与主动针重合，旋转主动夹头上的刻度环，使零点与指针重合。根据需要选好方向，按动控制按钮，开始进行试验。
- (5) 当试样断裂时，应立即停机，记下被动针指示的扭矩数值和刻度盘上的扭转角度。

三) 注意事项

(1) 加载后, 禁止转动量程手轮。

(2) 当改变主动夹头的转速时, 必须停机。

(3) 试验中主动夹头总的扭转角度, 在刻度环上只能记下小于 360° 的读数, 而整圈数用目测得到。

(4) 被动夹头 28 的最大扭转角度, 对不同的量程是不同的。在 $200 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时为 $2^\circ 7'$, $500 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时为 $1^\circ 4'$, $1000 \text{ N} \cdot \text{m}$ 时为 $32'$ 。这样的转角对于主动夹头的转角来说, 是可以忽略的。

§ 1-3 疲劳试验机

疲劳试验机是用来测定材料或构件持久极限的专用试验机, 它有很多种类。这里仅将 PWC-510WG 型高温高速疲劳试验机的原理作一简单介绍。

一、构造原理

PWC-510WG 型疲劳试验机用于测量材料在常温和高温 ($<1100^\circ\text{C}$) 下的疲劳极限 σ_{-1} 。图 1-4 为该设备主机的构造原理图, 它由传动装置、主轴箱、加载机构及冷却系统四部分组成 (略去高温及温度控制部分)。

1) 传动装置 传动装置由电动机 (1) 通过皮带 (2)、计数减速器 (3) 的轴、软轴 (4), 带动装夹在两个主轴箱 (5) 之间的试件 (6) 旋转。由于电动机是双速的, 故试件有 5000、10000 两种转速, 供选择使用。将计数器 (图中未画出) 示值乘以 100 可以得到试件的转数。

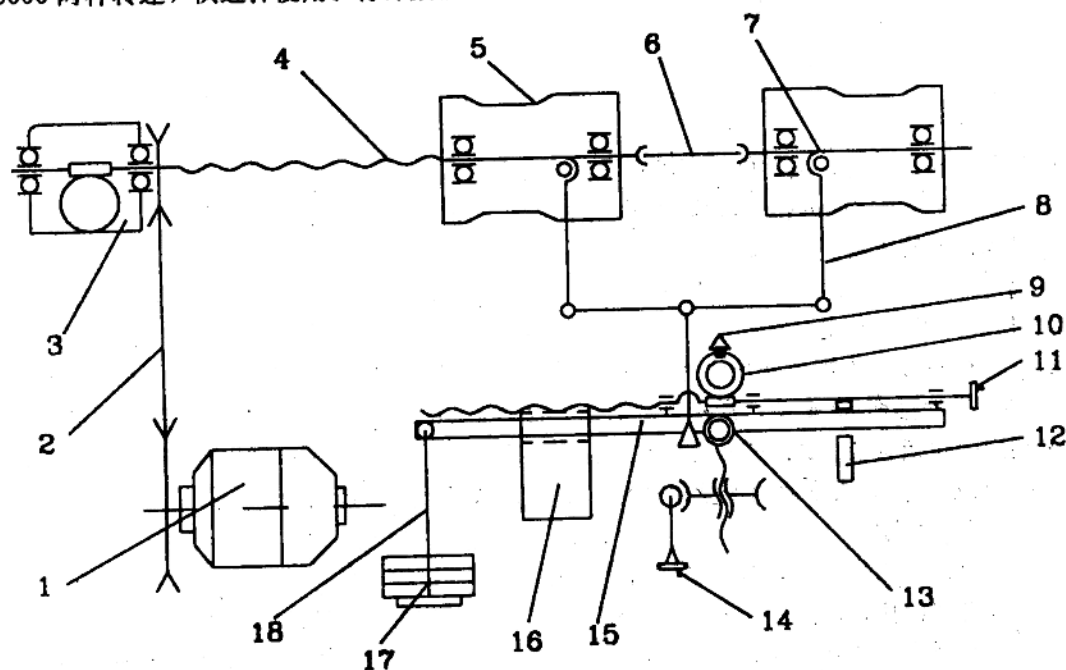


图 1-4

2) 主轴箱 为了防止试件在高速旋转下产生过大的径向跳动, 主轴箱 (5) 内装有精密

配合的轴承。当试件装入两主轴箱后，试件与主轴箱联成整体，由加载系统产生的载荷通过主轴箱上挂钩（7）传至试件，使试件承受纯弯曲。挂钩与主轴箱支点轴承的距离为 120 mm。

3) 加载机构 加载机构用于对试件施加载荷。吊杆（18）上的砝码（17）和游动砝码（16）的重量通过杠杆（15）传递给挂钩（7），使试件承受载荷。游动砝码（16）由手轮（11）拖动，而游动砝码在杠杆不同位置上产生的载荷，由度盘（10）指示。试验时，可根据需要的载荷，先加好砝码（17），然后用手轮（11）无级调整游动砝码的位置，获得试件上所需的载荷。因此，试件上所受的载荷应为砝码（17）的标称重量之和加上度盘（10）示值（公斤）。手轮（14）用于加载或卸载。旋转手轮，使杠杆支点上下运动，从而达到卸载和加载的目的。加载后杠杆（15）应处于水平位置，由指针（9）表示，如果指针（9）对准上面的刻线，表示杠杆处于平衡，即试件处于承载状态。

4) 冷却系统 为了保证试验机在高速旋转下正常工作，本机器采用了两级冷却的冷却系统（图 1-4 中未画出）。一方面是油的循环冷却，油箱里的油由油泵打入主轴箱，防止高速旋转时轴承发热，然后经回油管回到油箱，形成循环。另一方面，为了保证循环油的正常工作温度（即从主轴箱流回油箱的油温不应超过 40℃），用水通过油箱内的蛇形管使箱内的油冷却。

二、操作步骤

1) 选择载荷。按要求的载荷选择砝码，放在吊杆（18）上，调整好游动砝码的位置，并使手轮（14）置于卸载位置。

2) 安装试件。推开右主轴箱，先将试件一端装入左主轴箱中，然后再将另一端装入右主轴箱中。利用专用扳手，将试件牢固地夹紧，用手转动试件，并以千分表分别检查试件及左、右主轴箱（在小圆柱面上）的径向跳动量，各处的跳动量不应超过 0.03 mm，如超过应重新调整，直至达到要求为止。如试件本身不符合加工要求，必须重新加工。调整后，移开千分表。

3) 将旋转开关手柄转至零位，接通电源。此时电源指示灯亮。

4) 开动油泵电动机，调整油量。从回油管流回油箱的油量（不包括从试件冷却装置流回的油量）约为 30~40 N/min。

5) 将单刀单投开关打到“断开”位置。

6) 将变速手柄转到“5000”位置，开动主电动机，如运转正常，按需要将转换开关的手柄迅速转到“10000”位置。

7) 当运转平稳后，转动手柄（14）至加载位置，并立即读取计数器示值，并记录之。

8) 将单刀单投开关打回“接通”位置。

9) 若试件未断而需要停机时，必须先转动手轮（14）卸载，然后方可停止主电动机和油泵电动机。

三、注意事项

1) 必须牢固地夹紧试件。

2) 装卸试件必须用专用扳手（附件），不允许用其他工具。

3) 当未装上软轴、试件及软轴保护罩时，不准开动电机。

4) 当试验机降速(即需要从 10000 r/min 降至 5000 r/min)时,必须先将转换开关的手柄转至零位,待 2~3 秒后再转换至“5000”的位置。

5) 在运动过程中,单刀单投开关应处于“接通”位置,否则试样断裂后主电机不能自动停机。

§ 1-4 引伸仪

在力学实验中,试件的变形往往是很小的,必须用精确度高,放大倍数大的仪器来测量。用来测量微小长度改变的仪器称为引伸仪。引伸仪的种类较多,这里介绍目前常用的球铰式引伸仪和蝶式引伸仪。

一、球铰式引伸仪

一) 结构原理

球铰式引伸仪的工作原理如图 1-5 所示。引伸仪用四个尖头螺钉 1 拧紧在试样上,上下螺钉间的距离即为试样的标距。上标距叉 2 与竖杆 3 刚性连接,下标距叉 5 与竖杆 3 用球形铰链 4 连接。这种球铰结构能使试样标距两端的横截面在试验过程中相互偏斜,因而不影响千分表 6 的读数,故可只用一个千分表记录变形。在拉力 P 作用下,试样伸长 Δl ,即引起下标距叉 5 绕球形铰 4 转动。设下标距叉原来位置在 ob ,转动后的位置为 ob_1 ,这里 $aa_1 = \Delta l$,由三角形相似条件,如果 $oa_1 = ab$,则 $bb_1 = 2aa_1 = 2\Delta l$ 。因此,当使用千分表的精度为 1/1000 mm 时,引伸仪可以测出的最小伸长量为 0.0005 mm。

本仪器的标距有 100 mm 和 50 mm 两种。

二) 操作步骤

(1) 先把试样夹持在试验机上,然后对试样施加载荷使其产生初应力 σ_0 (对于钢材 σ_0 约为 50N/mm^2 ,对有色金属及其合金 σ_0 约等于材料预期屈服极限的 10%)。

(2) 用左手握住球铰式引伸仪,将整个引伸仪从标距叉的缺口卡入并套在试样上,使下标距叉的定位弹簧和左侧顶尖螺钉的顶尖恰好和试样表面接触,然后旋转右侧的两颗顶尖螺钉至顶尖恰好和试样接触,再分别轮流拧紧各螺钉,使顶尖嵌入试样 0.05~0.1mm (螺钉大约旋转 1/10~1/5 转),此时便可松手。

(3) 把千分表(或百分表)安装在表夹上,使千分表(或百分表)压缩 0.1~0.4mm,并使长指针对零,然后拧紧表夹螺钉,仪器装夹完毕。

(4) 正式试验前在 σ_0 的基础上试加一次载荷至适当数值,再卸载至 σ_0 ,整个仪器应无松动下滑,千分表(或百分表)指针应停止在零点或原来 σ_0 时的初读数上。

三) 注意事项

(1) 根据不同的试样直径,应准确地调整定位弹簧和并帽螺钉的位置,以保证试样轴线与标距叉对称中心线重合。

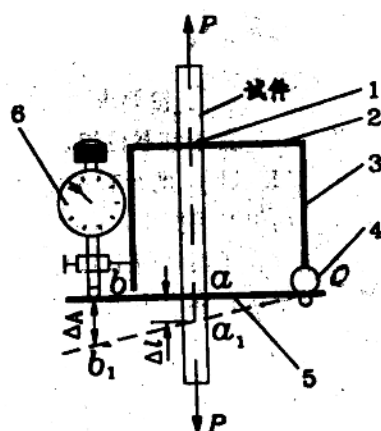


图 1-5

- (2) 当标距不准时，可松动球铰杆固定螺钉，待标距调定后，再拧紧螺钉。
- (3) 请勿随意调整不允许变动的结构固定螺钉，以免影响测试精度。

二、蝶式引伸仪

一) 构造原理

蝶式引伸仪的构造原理如图 1-6 所示。它由感受变形部分、传递部分、指示部分三部分组成。

感受变形部分主要由一对活动刀口 1 (下刀口) 和一对固定刀口 6 (上刀口) 组成。活动刀口固定在轴 2 上，轴 2 可以转动一个很小的角度。固定刀口 6 可在标杆 5 上移动，并能在所选择的位置上固定下来。上下刀口之间的距离就是试样的标距。上下刀口可通过夹紧装置卡在试样上，感受试样受力后所产生的变形。

当试样伸长时，活动刀口 1 的移动使轴 2 绕支点转动，将试样标距部分的变形传递到量表 4 上，通过量表指示出变形的大小。

指示部分是一对千分表或者百分表，可根据不同的精度要求选用。

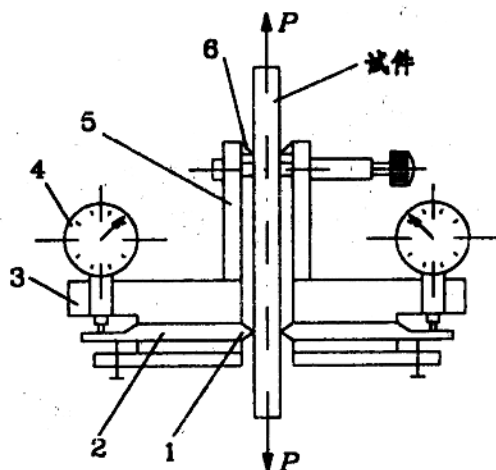


图 1-6

二) 操作步骤

- (1) 根据需要确定标距，调整上刀口的位置，并固定之。
- (2) 松开紧固螺钉调整量表位置，使其接触良好，指针转动灵活，再加以固定。测量拉伸变形时，量表的起始位置应在指示正向行程 0.1 mm 以上，并转动量表罩圈至需要的位置上。
- (3) 握住引伸仪，压缩弹簧使两刀口分开，夹持在试样上，如嫌夹力不够，可调整连接板簧帽。
- (4) 如需要增加上刀口的夹紧力，可在标杆上使用夹紧架，其位置尽量靠近上刀口处。
- (5) 试样在标距范围内的变形量为两只千(百)分表所示值的平均值。

三) 注意事项

- (1) 本仪器是由铝合金材料制作，又配备精密量表，使用时必须小心轻拿轻放。
- (2) 引伸仪的下刀口是两锥体支承，出厂时已调整好，不得随便调整。
- (3) 当被测试样的变形超过引伸仪最大量程时，必须卸下，以免损坏仪器。
- (4) 紧固量表时，用力要适当，以保证量表测杆能上下运动自如。

§ 1-5 拉伸试验

一、目的

- 1) 测定低碳钢的流动极限(屈服极限) σ_s ，强度极限 σ_b ，延伸率 δ 和面积收缩率 ψ 。

- 2) 测定铸铁的强度极限 σ_b 。
- 3) 观察拉伸过程中的各种现象, 并绘制拉伸图 ($P-\Delta l$ 曲线)。
- 4) 比较低碳钢 (塑性材料) 与铸铁 (脆性材料) 机械性质的特点。

二、设备

- 1) 油压式万能试验机。
- 2) 游标卡尺。

三、试件

试件可制成圆形或矩形截面。常用试样为圆形截面的。如图 1-7 所示。试件中段用于测量拉伸变形, 此段的长度 l_0 称为“标距”, 两端较粗部分是装入试验机夹头中的, 便于承受拉力。端部的形状视试验机夹头的要求而定, 可制成圆柱形 (图 1-7), 螺纹形 (图 1-8) 或阶梯形 (图 1-9)。

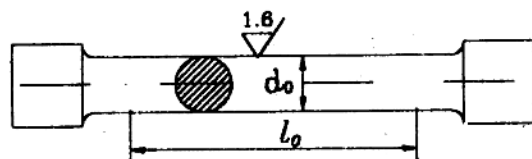


图 1-7

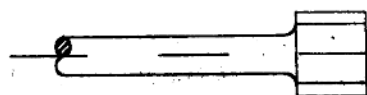


图 1-3

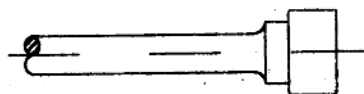


图 1-9

试验表明, 试件的尺寸和形状对试验结果会有所影响, 为了避免此种影响, 使各种材料的力学性质的数值能互相比较, 所以对试件的尺寸和形状都有统一规定*, 目前我国规定的试样有标准试件和比例试件两种, 具体尺寸见表 1-1, A_0 是圆形或矩形截面面积。

表 1-1

试 件	标 距 l_0 (mm)	截面积 A_0 (mm ²)	圆形试件 直径 d_0 (mm)	延伸率表示 符号	
标准试件	长	100	78.5	10	δ_{10}
	短	50	78.5	10	δ_5
比例试件	长	$11.3 \sqrt{A_0}$	任意	任意	δ_{10}
	短	$5.65 \sqrt{A_0}$	任意	任意	δ_5

四、原理

材料的力学性质 σ_b 、 σ_s 、 δ 和 ψ 是由拉伸破坏试验来确定的, 试验时, 利用试验机的自动

* 参阅中华人民共和国“国家标准 GB228-76 金属拉力试验法”

绘图器绘出低碳钢拉伸图（图 1-10）和铸铁拉伸图（图 1-11）。

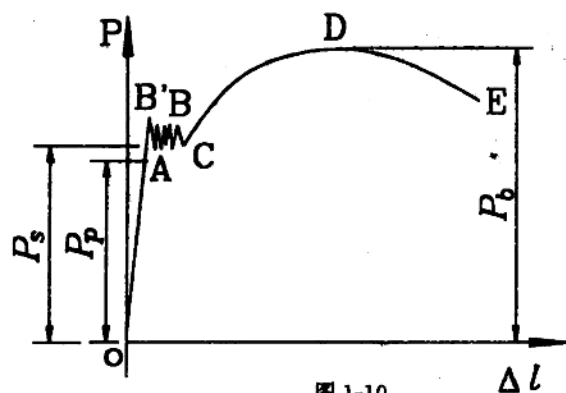


图 1-10

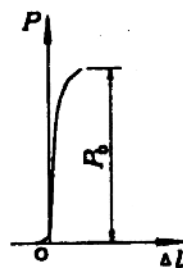


图 1-11

对于低碳钢材料，图 1-10 上的 B-C 为流动阶段，B 点所对应的应力值称为流动极限。确定流动载荷 P_s 时，必须缓慢而均匀地使试件产生变形，同时还需要注意观察。测力盘主针回转后所指示的最小载荷（第一次下降的最小载荷）即为流动载荷 P_s ，继续加载，测得最大载荷 P_b 。试件在达到最大载荷前，伸长变形在标距范围内是均匀分布的。从最大载荷开始，产生局部伸长和颈缩。颈缩出现后，截面面积迅速减小，继续拉伸所需的载荷也变小了，直至 E 点断裂。

铸铁试件在变形极小时，就达到最大载荷，而突然发生断裂。没有流动和颈缩现象，如图 1-11 所示。其强度极限远低于低碳钢的强度极限。

五、试验步骤

一、低碳钢试验

- (1) 用游标卡尺在试件的标距范围内测量三个截面的直径，每个截面测量互相垂直两个方向，取其平均值，填入记录表内。取三处中最小的平均值作为计算试件横截面积的直径。
- (2) 根据低碳钢的强度极限，估计试件的最大载荷。
- (3) 根据最大载荷选择合适的测力盘并配置相应的摆锤。
- (4) 调整零点，并拨动测力度盘上的辅针使之与主动指针靠拢。
- (5) 调整自动绘图器。
- (6) 安装试件。
- (7) 经教师检查后进行试验，缓慢而均匀加载，直至断裂，并仔细观察拉伸过程。记下屈服时载荷 P_s 及最大载荷 P_b ，停机。
- (8) 试验结束，取下试件，将断裂两段尽量对紧在一起，用游标卡尺测量拉断后的标距和颈缩处的直径 d_1 （测量互相垂直的两个方向，取其平均值。）填入记录表内。

从自动绘图器上取下拉伸图。

二、铸铁试验

与低碳钢同样方法做好试验前的准备工作，经教师检查后进行试验，直至试件断裂为止。记录最大载荷。取下试件和拉伸图，整理现场。

六、记录格式

试验前测量试件记录于表 1-2

表 1-2

材 料	直径 d_0 (mm)								
	截面 I			截面 II			截面 III		
	(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均
低 碳 钢									
铸 铁									

低碳钢：最小直径 $d_0 =$ mm

横截面积 $A_0 =$ mm²

标 距 $l_0 =$ mm

铸 铁：最小直径 $d_0 =$ mm

横截面积 $A_0 =$ mm²

2) 试验后测量低碳钢试件记录于表 1-3

表 1-3

标 距 l_1 (mm)	断裂处直径 d_1 (mm)			断裂处横截面积
	(1)	(2)	平均	A_1 (mm ²)

七、整理试验结果

1) 修正拉伸图。应该指出，绘图器绘出的拉伸变形 Δl 是整个试件的伸长，并且包括试件在夹具中的滑动，试件开始受力时，试件在夹具中的滑动很大，故绘出的拉伸图最初一段是曲线，必须加以修正，即将拉伸图直线部分向下延长，使它与横坐标相交，此交点即为坐标原点。然后将修正后的拉伸图按比例复制在试验报告上。

2) 根据流动载荷 P_f 及最大载荷 P_b 计算流动极限 σ_s 及强度极限 σ_b ：

$$\sigma_s = \frac{P_f}{A_0} \quad \sigma_b = \frac{P_b}{A_0}$$

3) 根据试验前后的标距长度和面积，计算延伸率和截面收缩率：

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

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

这里应该指出，从破坏后的低碳钢试件上可以看到，各处的残余伸长不是均匀分布的，愈接近断口（颈缩）处伸长愈多（见图 1-12）。因此测得的 l_1 数值与断口的部位有关。根据国家标准 GB228-76 中规定，当断口不在标距长度的中央 $\frac{l}{3}$ 区段内时，需要采用断口移中的方法来测量试件断后的标距 l_1 。具体方法如下。试验前用刻线机将试样标距等分（一般 5 mm 或 10 mm 为一格），试样拉断后，在长段（如图 1-12 (a) 的右段）上，从断口 O 起数出若干段，使它等于短段上的格数（如图 1-12 (a) 中为两段），得到 B 点。接着分为两种情况，如果长段上所余的段数为偶数（图 1-12 (a)），则取一半，得 C 点，移位后的 $l_1 = \overline{AO} + \overline{OB} + 2 \overline{BC}$ ；如果长段上所余的段数为奇数（图 1-12 (b)），则取所余格数减 1 和加 1 之半，分别得 C 和 C₁ 点，移位后的 $l_1 = \overline{AO} + \overline{OB} + \overline{BC} + \overline{BC_1}$ 。