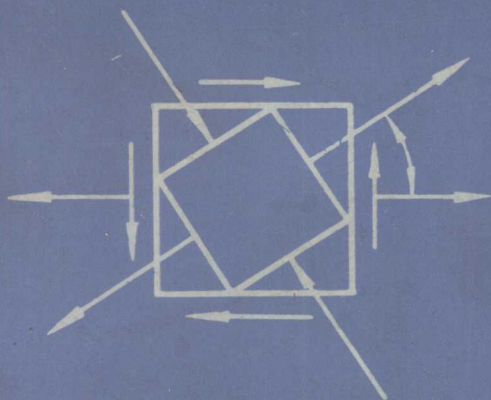


材料力学实验

EXPERIMENT ON STRENGTH OF MATERIALS

昆明工学院力学教研室 编



成都科技大学出版社

B301
71

材料力学实验

昆明工学院力学教研室编

科技大学出版社

一九八七年成都

内 容 提 要

本书是一本《材料力学实验》教材，共分四章，包括：绪论、材料力学试验的常用试验机和仪器、拉伸、压缩等七个基本实验以及条件屈服极限等五个选择性实验的内容。最后有一个附录。

本书可作为高等工业学校各类专业材料力学实验教材，也可供从事材料力学性能试验研究和测试的工程技术人员参考。

材料力学实验

昆明工学院力学教研室 编
责任编辑 周树琴

成都科技大学出版社出版、发行

中国科学院光电所印刷厂印刷

开本 787×1092毫米 1/32

印张：4.5

1987年12月第1版

1987年12月第1次印刷

印数 1—8,500

字数：94千字

ISBN 7-5616-0107-7/T·23

统一书号： 15475·40 定价：1.40元

前 言

本书按1986年10月审定的高等工业学校材料力学课程教学基本要求编写,可作为高等工业学校各类型专业材料力学实验的教材,也可作为从事材料力学性能实验研究和测试的工程技术人员参考书。

本书共分四章,第一章为绪论,第二章介绍材料力学试验的常用试验机器和仪器,第三章为拉伸、压缩等七个基本试验,第四章为条件屈服极限 $\sigma_{0.2}$ 等五个选择性试验。最后有一个附录。

参加本书编写人员:刘北辰(绪论)、董斌(§2—1、2、3)孙家诗(§2—4、§3—5)、陆光彩(§2—5、6)、彭龙泉(§2—7)、林文兰(§3—1、7)、夏锋(§3—2、3)、王则毅(§3—4)、苏瓚(§3—1、6)、罗成玲(§3—8)、余莉霞(§4—1)、毕谦(4—2)、程赫明(§4—3)、文宏光(§4—4)、黄呈伟(§4—5)、杨立松(§2—1、§3—5及附录)张曙红参加本书图片的制作等工作。苏瓚、杨立松担任部分章节的统稿工作,彭龙泉也参加了部分工作。全书由毕谦教授主持统稿,由王秀彰教授主审。

编者

1987年1月

目 录

第一章 绪 论	(1)
---------------	-----

第二章 常用试验机和测试仪器	(4)
----------------------	-----

§ 2—1 常用试验机和测试仪器的介绍	(4)
---------------------------	-----

§ 2—2 液压摆式全能试验机	(8)
-----------------------	-----

§ 2—3 杠杆摆式全能试验机	(12)
-----------------------	------

§ 2—4 扭转试验机和扭角仪	(15)
-----------------------	------

§ 2—5 杠杆式引伸仪	(24)
--------------------	------

§ 2—6 表式引伸仪	(29)
-------------------	------

§ 2—7 电阻应变仪	(33)
-------------------	------

第三章 基本实验	(43)
----------------	------

§ 3—1 材料力学试验的基本要求	(43)
-------------------------	------

§ 3—2 金属材料的拉伸试验	(45)
-----------------------	------

§ 3—3 金属材料的压缩试验	(53)
-----------------------	------

§ 3—4 低碳钢的拉伸弹性模量 E 和横向变形系数 μ 的测定试验	(58)
--	------

§ 3—5 扭转试验	(64)
------------------	------

§ 3—6 电测中电桥联结方法实验	(70)
-------------------------	------

§ 3—7 梁的弯曲正应力实验	(74)
-----------------------	------

§ 3—8 弯扭组合变形的应力电测实验	(79)
---------------------------	------

第四章 选择性实验..... (84)

§ 4—1 条件屈服极限 $\sigma_{0.2}$ 的测定试验..... (84)

§ 4—2 金属材料冲击韧性试验..... (88)

§ 4—3 压杆稳定试验..... (93)

§ 4—4 疲劳试验 (演示) (96)

§ 4—5 光弹实验 (演示) (104)

附录..... (115)

I 实验数据的数值计算及误差分析基础..... (115)

II 单位换算表..... (132)

第一章 绪 论

一、材料力学实验的任务及其重要性

大家知道，材料力学是一门工程科学，它是研究各种材料受到外力作用时的表现及对工程构件进行强度、刚度、稳定性计算的方法。材料力学试验是材料力学的一个不可分割的组成部分，它担负着测定各种材料的力学性能，为理论推导作现象上的观测准备及验证理论推导结果等任务。同时，它已发展成为独立学科的实验力学的基础部分。

材料力学不是一门纯粹推理的科学。在自然科学的分类中，它属于“唯象学”的范畴。所谓唯象学，即以实际存在的表象为基础，而不去彻底追究这些现象的更深的物理本质。材料力学正是这样，它以材料受力后的实际表现为基础。例如，虎克定律是材料力学的基本定律，这个定律并非来自对材料物质结构的推算，而是来自实验现象的归纳。又如，为确定许用应力必须知道材料的破坏应力，这个破坏应力值并非来自对原子、分子间结合力的推算，而是来自实验观测。有关的例子还很多，读者在学习时自可细心体察。显然，没有材料力学实验，材料力学作为一门重要的工程科学就失去了基础和依据。从另一方面说，材料力学中的理论推导过程，都是根据试验观测来作出变形情况的假定，再运用数学和力学推出结果。最后，还必须由试验验证这些结果的正确性，因此，没有材料力学试验，不仅不能作推导，也无从验证所得的结果，更不敢应用它们。由此可见材料力学试验在

材料力学中占有何等重要的地位!

往往有这样的情况:初学者易于把材料力学看成纯数理学科,重视其中的推导计算而轻视试验。应当指出,这是一种偏见。它对学习材料力学以及其它科学——特别是工程科学,是有害的。不亲身经历试验观察而仅凭书本上的文字介绍,显然难以深切体会材料受力后的现象,其中包含我们过去未曾见到过的现象。这是活的知识。舍弃获取活知识的机会与锻炼而崇尚第二手资料,是严肃的学习者所不可取的。更何况材料力学的试验研究方法在工程科学中具有典型性,它是工程技术人员必须掌握的基本功。总之,忽视材料力学试验,就不可能真正学好材料力学,而且会给其它工程科学的学习带来不良后果。

二、材料力学实验的基本内容

工程中使用的材料,品种极为繁多,而且不断地有新型材料出现。各种材料受力以后的表现,称为材料的“机械性质”或“力学性能”,它们通过一系列的参数值来表达。例如材料的弹性模量 E 、泊松比 μ 、屈服极限、强度极限……等。测定代表各种材料力学性能的参数,是材料力学实验的第一类内容,也是经常要进行的、工作量最大的内容。工业中常有这样的情况:虽然手册上列有某种材料的标准力学性能参数,但各厂的产品仍有千差万别。因而在选用某种材料之前,还有必要对它的力学性能进行实际测定。同时,某些产品(例如水泥、钢材等)在出厂之前,为确定它们的实际承载能力,也要进行试验测定,所以,测定是一种经常要进行的试验工作。这种试验多属破坏性的,即从加力开始,中间

经历各个变形的阶段，直至破坏。由于不能重复，要求试验者不失时机地记下所要测定的数据以及现象。

常进行的第二类试验，是验证理论结果的试验。例如，材料力学中在平面截面假设的基础上导出了梁的应力计算及变形计算公式。这些公式是否正确，要由试验来检定。为此，可以制作一根钢梁，装上各种测试仪表后使之承受一定的荷载，然后将测定的应力、变形值与理论计算的结果作对比，从而检定后者是否正确。这种工作对材料力学并不经常进行，因为现有的公式已很成熟。但这种方法必须掌握的。且不说新的力学理论的发展需要这样做，实际上，工程技术人员也常需要验证他们提出的某项方案或措施的可靠性，也需这样做。因此，这种方法具有普遍意义。

第三类试验是对复杂情况进行应力、应变测定。当构件本身形状复杂或受力情况复杂时，现有理论无法进行计算分析，这时常常作现场或实物测定以及模型实验。这类试验内容相当广泛而复杂，它已发展成了一门专门的学科——实验力学。在材料力学试验中，只能介绍有关的一些基本内容，例如电测和光测的基本原理和方法等。

工程技术人员必须经常选用各种材料，了解构件的安全情况。材料力学试验正是我们接触和了解材料，测定构件应力、应变的开始，也是必要的基本技能训练。因此，我们应当足够地重视，严肃认真地去进行。

除此之外，材料力学试验中还包括丰富的数据整理和分析的方法，这也是工程技术人员所必备的知识与技能。

总之，材料力学试验内容相当丰富，涉及面很广。只要细心学习，就能使你产生浓厚的兴趣。

第二章 常用试验机和测试仪器

§ 2—1 常用试验机和测试仪器的介绍

一、常用试验机

在材料力学试验中，对试件（或模型）施加载荷的设备称材料试验机。按所加载荷的形式分类，常用的如专作压缩试验的机器称压力试验机，专作扭转试验的称为扭转试验机等。能兼作拉伸、压缩、剪切、弯曲等许多试验的机器称全能试验机。按所加载荷的性质可分为静荷试验机和动荷试验机，后者如冲击试验机、疲劳试验机等。按工作条件又可分为常温、低温和高温试验机。如高温蠕变及持久强度试验机即属于高温试验机。一般材料力学试验最常使用的有常温、静载 10~60t 的全能试验机，扭转、冲击、疲劳等试验机。

各种试验机的牌号不同，形式各异，但一般都是由下列两个基本部分组成：

1. 加载部分

它是使试件受到力作用的装置。

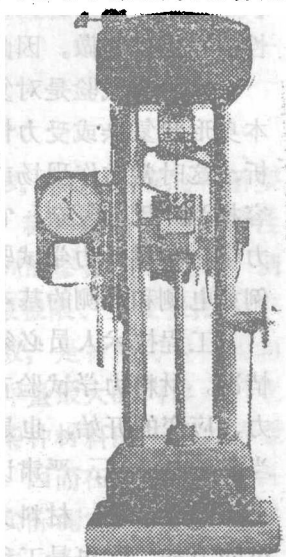
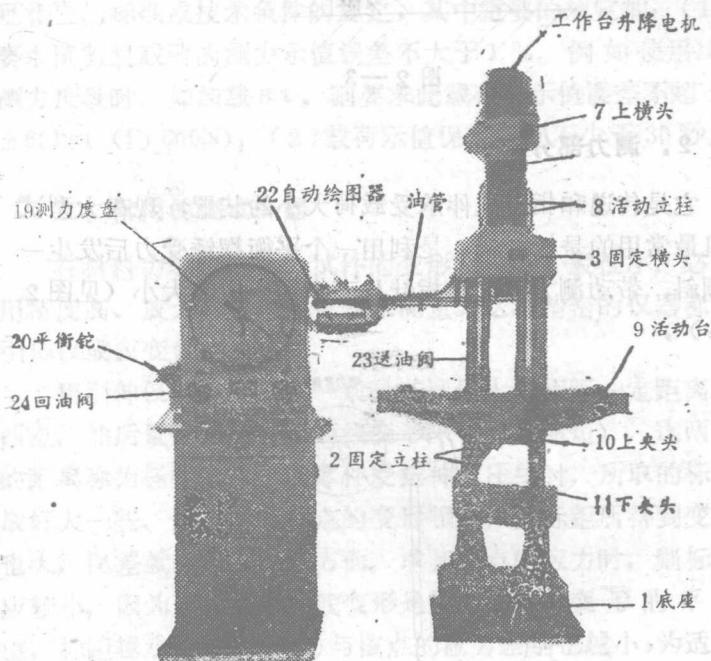


图 (2—1) 杠杆摆式全能试验机

通常所谓加载，都是利用一定的动力和传动载置强迫试件发生变形并受到力的作用。常见的有机械传动式和液压式试验机，前者如ZDM型杠杆摆式全能试验机（图2—1）和K—50型扭转试验机等，它们是用人力或电动机带动齿轮及螺杆加力（图2—7）。后者如WE—30型液压摆式全能试验机（图2—2），它是利用油缸内液体的压力推动活塞加力（图2—3）。



图（2—2）WE—30型液压摆式全能试验机

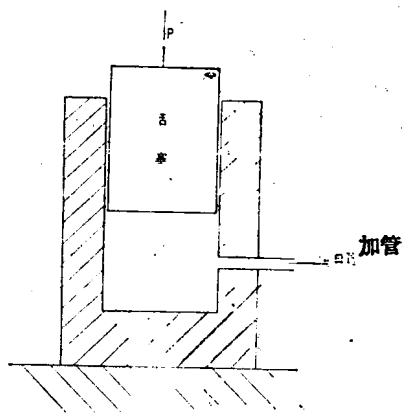


图 2—3

2. 测力部分

它是传递和指示试件承受载荷大小的装置，现在大型试验机最常用的是杠杆式，是利用一个平衡摆锤受力后发生一定倾斜，带动测力度盘上指针从而指示出力的大小（见图 2—4），

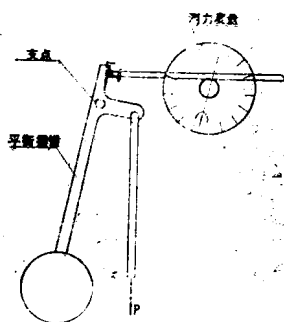


图 (2—4) 杠杆测力原理示意图

试验机一般还有一套装置，可以在试验中自动地绘出试件所受的荷载与变形之间的关系曲线，称为自动绘图器。近年来，我国不少科研及教学单位，添置不少新型全能材料试验机，如电子全能试验机、电液伺服动静多能试验机等，大大提高了试验机的使用范围和测试精度，配用电子计算机还可进行数据处理和程序控制。限于篇幅，这里不作介绍，需要时请参阅有关说明书。

为保证试验的可靠性，按国家标准要求，试验机必须满足相应的标准或技术条件的规定，其中重要的规定如：（1）要求试验机载荷的测力示值误差不大于1%。例如使用10t测力度盘时，如加载6t，则要求此载荷的示值误差不超过 $\pm 60\text{kgf}$ （约600N）；（2）载荷示值保持时间不少于30秒。

二、常用的测试仪器

在材料力学试验中，试件的变形及位移一般很小，必须用精度高、放大倍数大的仪器来测量。这种精密的仪器称为引伸仪或应变仪。

用引伸仪量线变形，一般是在试件上取相距一定距离的两点，然后量这两点之间的线变形（伸长或缩短），这两点的距离称为标距。试件或零件受拉伸或压缩时，所取的标距最好大一些，因为这时各点的变形相同，大标距所得到变形也大，误差就较小。另一方面，求某一点的应力时，则标距应较小，因为这时得出的线变形是标距内各点变形的平均值，标距越小，则平均应力与该点的应力差别也越小，为适应不同的要求，所以制造有0.5~1000mm不同标距的引伸仪。

引伸仪一般由三个基本部分组成：

1. 感受变形部分——它是直接与试件表面接触，以感受试件变形的机构；

2. 传递和放大部分——它是将所感受到的变形加以放大的机构。每个仪器的放大倍数 K 可查阅仪器说明书，一般 $K = 30 \sim 2000$ 倍；

3. 指示部分——它是指示经过放大后变形的数值的机构。

引伸仪的式样很多，按变形放大的方式来分，常用的引伸仪有机械式（如杠杆式引伸仪）和电学式（静态、动态电阻应变仪）等。

仪器所能测量变形的最大范围称为量程，也就是仪器的可用限度。使用时试件的变形不能超过仪器的量程，当变形接近仪器的量程时应将仪器卸下，否则仪器将遭到损坏。

标距、放大倍数和量程是仪器性能的主要参数。试验时，要根据精度要求，选用合适参数的相应仪器。

三、常用的量具

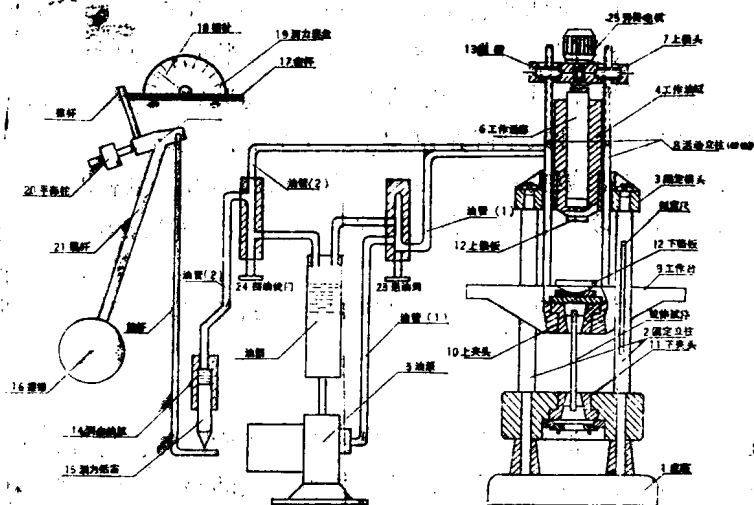
量测试件的长度、横向尺寸（直径等）要选用与量测要求相应精度的量具或仪器，如游标卡尺、螺旋千分尺或精度更高的测微仪。在冲击试验中，国家标准明确规定：检查试件尺寸用的量具精度不应低于 0.02mm 。

试验机、引伸仪、测量工具及仪器必须按规定进行定期检定。

§ 2—2 液压摆式全能试验机

这是最常用的一种材料试验机，类型很多，但大同小

异，基本原理相同。它由加载和测力两部分组成，加载部分为液压式，测力部分为摆式。这种试验机的外型和构造原理简图分别示于图（2—2）和图（2—5）。



图（2—5）液压摆式全能试验机构造原理简图

现将其结构结合使用方法介绍如下：

一、检查油路上各阀门是否处于关闭位置

二、安装试件

1. 选择并安装与试件相吻合的试验机上、下夹头10、

11。

2. 根据试件所需要预计的最大荷载，选择适当的测力度盘19并配备相应的摆锤16。

3. 对某些装有缓冲器的试验机, 应调整好缓冲器, 以保证卸载 (泄油), 或试件断裂时能使摆锤缓慢回落, 避免损坏机件。

4. 将受拉试件装在图 (2—5) 中工作台 9 下面的上、下夹头之间。由于试件长短不一, 安装时, 如需调节夹头间的位置时, 可用升降电机 25, 经减速装置带动螺母 13, 使工作台 9 上升或下降来改变上、下夹头的距离。应该注意: 当试件已被夹紧或受力时, 不能再启动升降电机 25, 因为这种电机功率很小, 夹上试件后再启动, 会烧毁电机。

三、安装和调整好自动绘图器的传动位置、笔和纸

四、加载

1. 启动油泵电机, 检查运转是否正常, 然后打开送油阀门, 在油泵电机带动下, 油泵 5 将油从油箱经油管和送油阀 23 压入工作油缸 4, 推动工作活塞、活动立柱 8 和工作台 9 上升。从而使装在工作台下面的试件受拉力或者使装在工作台上面的上、下垫板 12 之间的试件受压力, 也可使装在两弯曲支座当中的试件受到弯曲。输油管路中的送油阀用于控制进入工作油缸中的油量, 以调节加载速度。操作中, 旋转送油阀手柄 (打开送油阀) 时应缓慢, 使加载速度缓慢、平稳。加载时回油阀应关紧。

2. 加载完毕, 打开回油阀 24, 则油从工作油缸返回油箱, 工作台因自重下降回到原处。

3. 工作油缸中的液压力一部分是用于支承固定横头、活动立柱及工作台等部件的重量, 为消除这一部分重量的影

响，应在加载前先校正测力指针使其指零点。方法是移动摆杆21上的平衡铰20使摆杆处于铅垂位置，再旋转与测力指针相联系的齿轮（或齿杆）使测力指针对准零点。

五、测力

1. 加载时，工作油缸中推动活塞的力与试件所受的力成正比。由于油管2将工作油缸与测力油缸14联通，此油压迫使测力活塞向下移动，进而使拉杆拉动摆锤16，使之绕支点转动而抬起，同时摆上的推杆推动齿杆17，使齿轮和测力指针18转动。由于测力油缸与工作油缸内的压强相等，使摆锤抬起的力与试件所受的力成一定的比例关系。因而从测力度盘指针的旋转角便可读出试件受力的大小。

2. 若增加或减少摆锤的重量，指针虽然旋转同一角度，但所需油压不同，因此测力度盘上指针在同位置时所指示的荷载大小与摆锤重量有关。一般全能机有三种锤重（编号为A、B、C三种号码），则相应有三种刻度的测力度盘，分别表示三种量程。如WE—30型全能试验机有0~6t，0~15t，0~30t三种度盘可供选择使用。

六、结束实验

试验完毕，关闭送油阀并立即停车。然后取下试件（有时要泄油后，再取下试件）。缓慢打开回油阀，让油返回油箱，使工作台回到原始位置。清理试验所用的机器、仪器及量具，一切恢复原状。

七、注意事项

1. 开车以前及停车以后，送油阀一定要处于关闭位