

| 高等院校“十三五”课程改革优秀成果规划教材 |

材料力学实验教程

● 主 编 郭玉霞 马文华

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等院校“十三五”课程改革优秀成果规划教材

材料力学实验教程

主编 郭玉霞 马文华



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

材料力学实验教程/郭玉霞, 马文华主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 12
ISBN 978-7-5682-5028-3

I. ①材… II. ①郭…②马… III. ①材料力学-实验-教材 IV. ①TB301-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 325941 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 5.5

字 数 / 130 千字

版 次 / 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

定 价 / 24.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李 洋

前 言

近几年来,为了适应教学改革,加强实践环节和对学生动手动脑能力的培养,我们对实验教材做了一些改动和补充。目前,材料力学理论课时普遍减少,相反,为了提高学生的实验技能和工作实践能力,全面推进素质教育,材料力学实验课时不但没有减少,反而在逐渐增加。单独设课和开放实验室的学校在不断增加。为适应新形势下的材料力学实验课教学,按照教学大纲的要求,参照教育部的建设标准,结合学校的具体情况编写了这本教材。

全书内容共分四章,第一章绪论,介绍了课程的内容、实验的意义和实验程序、误差分析及数据处理等。第二章主要仪器设备介绍,比较详细全面地介绍了常用仪器设备的构造、工作原理、操作规程及其注意事项。第三章基本实验,该部分内容是材料力学课程基本要求规定的实验内容,因此,对实验的具体要求、操作规程和步骤都做了比较详细的叙述,以加强对实验基本知识和技能的培养。第四章选择性实验,为提高性实验项目,有一定难度,要求同学们在实验课时外完成。选择性实验中,有的实验是在教师指导下学生独立完成的;有的实验只给提示,要求学生自己设计实验方案和操作步骤,给学生留出充分的思考空间,培养学生的实践和创新能力。另外还有附录,编了一部分实验报告,供同学们使用。

力学教研室的李桐栋老师等对本书部分内容的编写提出了宝贵建议,华东交通大学的邹定环老师提供了重要资料,在此深表谢意。另外,在编写过程中参阅了部分兄弟院校材料力学实验指导书。由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请广大师生批评指正。

编 者
2016 年 10 月

学生实验守则

一、每次实验前要做好准备，必须：

1. 复习有关理论部分；
2. 阅读实验指导书，基本了解实验目的、仪器的工作原理和使用的方法、实验内容、操作步骤及有关实验设备。

二、按照实验课程安排的时间提前五分钟进入实验室。

三、以小组为单位，在教师指导下进行实验。

1. 在上实验课期间，实验小组要有专人负责保管所用的设备、仪表及工具，并组织分工，按照步骤操作规程等进行实验。
2. 小组成员既有分工（可以轮换）又要相互密切配合，认真地进行实验，不得独自无目的地随意动手，以免打乱实验的正常秩序。

四、严格遵守操作规程，爱护一切实验设备。

1. 在进行实验前，应将操作规程、注意事项了解清楚，有不明了者应询问指导教师。
2. 进行每一步实验操作都要经过认真思考，严防出现人身伤害与设备损坏事故，把安全放在第一位，安全为了实验，实验必须安全。
3. 实验中对所有的仪器工具，必须轻拿、轻放，不要随意乱扔，实验中，如果遇到异常情况或仪器设备有不正常现象，应立即停止实验，报告指导教师进行处理。

五、遵守课堂纪律，注意保持实验室内安静和整洁，实验完毕，要求恢复仪器、设备的原状，整理好工具和桌椅等。

六、试验结束由指导教师签字后，学生方可离开实验室。

七、每人在教师规定日期内交报告一份，报告必须独立完成，书写、计算及图表等要清晰、整齐。

八、实验成绩为期终考核的一部分。

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 材料力学实验内容	1
§ 1-2 实验方法概述	2
§ 1-3 误差分析及数据处理	3
第二章 主要仪器设备介绍	5
§ 2-1 液压式万能试验机	5
§ 2-2 扭转试验机	8
§ 2-3 几种变形仪	11
§ 2-4 应变电测基础知识及电阻应变仪	11
§ 2-5 材料力学多功能组合试验台	22
第三章 基本实验	24
§ 3-1 拉伸试验	25
§ 3-2 压缩试验	30
§ 3-3 扭转破坏试验	34
§ 3-4 材料切变模量 G 的测定	39
§ 3-5 梁的弯曲正应力试验	43
第四章 选择性实验	47
§ 4-1 电阻应变片的粘贴	47
§ 4-2 电阻应变片的接桥方法	49
§ 4-3 拉伸时材料弹性模量 E 和泊松比 μ 的测定	51
§ 4-4 弯扭组合变形主应力的测定	54
附录 实验报告	59

第一章 绪 论

§1-1 材料力学实验内容

材料力学实验是材料力学的重要组成部分。材料力学的结论及定律、材料的力学性质（机械性质）都要通过实验来验证或测定；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，因此实验课是非常重要的。通过实验还能培养严肃认真的工作态度、实事求是的科学作风和爱护财物的优良品质。

材料力学实验一般可以分为以下三类。

一、材料的力学性能测定

构件设计时，需要了解所用材料的力学性质，如经常用到的材料的屈服极限、强度极限和延伸率等。这些力学性质数据，是通过拉伸、压缩、扭转和冲击等试验测定的。学生通过这类试验的基本训练，可掌握材料力学性质的基本测定方法，进一步巩固有关材料力学性质的知识。

二、验证已建立的理论

把实际问题抽象为理想的计算模型，再根据科学的假设，推导出一般性公式，这是研究材料力学通常采用的方法。然而，这些简化和假设是否正确，理论计算公式能否在设计中应用，必须通过实验来验证。学生通过这类实验，可巩固和加深对基本概念的理解，学会验证理论的实验方法。

三、应力分析实验

工程实际中，常常会遇到一些构件的形状和载荷十分复杂的情况（如高层建筑物、机车车辆结构等）。关于它们的强度问题，单靠理论计算不易得到满意的结果。因此，近几十年来发展了实验应力分析的方法，即用实验方法解决应力分析的问题。其内容主要包括电测法、光测法等，目前已成为解决工程实际问题的有力工具。本书着重介绍目前应用较广的电测技术。

随着我国现代化建设事业的发展，新的材料不断涌现，新型结构层出不穷，给强度问题和实验应力分析提出了许多新课题。因此，材料力学实验的内容愈来愈丰富，实验技术也将变得更为多样并不断提高。作为一名工程技术人员，只有扎实地掌握实验的基础知识和技能，才能较快地接受新的知识内容，赶上科技浪潮。

§1-2 实验方法概述

本书选编的实验,其实验条件以常温、静载为主,主要测量作用在试件上的载荷和试件的变形。载荷有的要求较大,由几千牛顿到几百千牛顿,故加载设备有的较大;而变形则很小,绝对变形可以小到千分之一毫米,相对变形(应变)可以小到 $10^{-5} \sim 10^{-6}$,因而变形测量设备必须精密。进行实验时,力与变形要同时测量,一般需数人共同完成。这就要求严密地组织协作,形成有机的整体,以便有效地完成实验。

一、准备

明确实验目的、原理和步骤,数据处理方法。实验用的试件(或模型)是实验的对象,要了解它的原材料的质量、加工精度,并细心地测量试件的尺寸。同时要对试件加载量值进行估算,并拟出加载方案。此外,应备齐记录表格以供实验时记录数据。

实验小组成员分工明确,操作互助协调,有统一指挥,不可各行其是。实验时,要有默契或口令,以便互相对应动作。

对所使用的机器和仪器要进行适当的选择(在教学实验中,实验用的机器、仪器往往是指定的,但对选择工作怎样进行应当有所了解)。选择试验机的根据是:需用力的类型(如使试件拉伸、压缩、弯曲或扭转的力);需用力的量值。前者由实验目的来决定,后者则主要依据试件(或模型)尺寸来决定。变形仪的选择,应根据实验精度以及梯度等因素决定。此外,使用是否方便、变形仪安装有无困难,也都是选用时应当考虑的问题。

准备工作做得愈充分,则实验的进行便会愈顺利,实验工作质量也愈高。

二、实验

开始实验前,要检查试验机测力度盘指针是否对准零点、试件安装是否正确、变形仪是否安装稳妥等。最后请指导教师检查,确认无误后方可开动机器。第一次加载可不做记录(不允许重复加载的实验除外),观察各部分变化是否正常。如果正常,再正式加载并开始记录。记录者及操作者均须严肃认真、一丝不苟地进行工作。试验完毕,要检查数据是否齐全,并注意清理设备,把借用的仪器归还原处。

三、实验报告

实验报告是实验者最后的成果,是实验资料的总结。报告包括下列内容。

(1) 实验名称、实验日期、实验人员姓名。

(2) 实验目的及原理。

(3) 使用的机器、仪表应注明名称、型号、精度(或放大倍数)等。其他用具也应写清,并绘出装置简图。

(4) 实验数据及处理数据要正确填入记录表格内,注明测量单位,如厘米或毫米、牛顿或千牛顿。此外,还要注意仪器的精度。在正常状况下,仪器所给出的最小读数,应当在允许误差范围之内。换言之,仪器的最小刻度应当代表仪器的精度,如:百分表的最小刻度是 0.01 mm ,其精度即百分之一毫米。应按误差分析理论对数据进行处理。表格均应整洁,

书写清晰,使人容易看出全部测量结果的变化情况和它们的单位及准确度。实验中所用仪器的度盘若是用工程单位制标定的,数据整理时一律使用国际单位制。

(5) 在材料力学实验中,用计算器计算,精度足够。但须注意有效数字的运算法则。工程上一般取 3~4 位有效数字。

(6) 采用图线表示结果的注意事项。除根据测得的数据整理并计算出实验结果外,一般还要采用图表或曲线来表达实验的结果。先建立坐标系,并注明坐标轴所代表的物理量及比例尺。将实验的坐标点用记号“。”或“.”、“△”、“×”表示出来。描绘曲线时,不要用直线逐点连成折线,应该根据多数点所在的位置,描绘出光滑的曲线。例如图 1-1 (a) 为不正确的描法,图 1-1 (b) 为正确的描法。

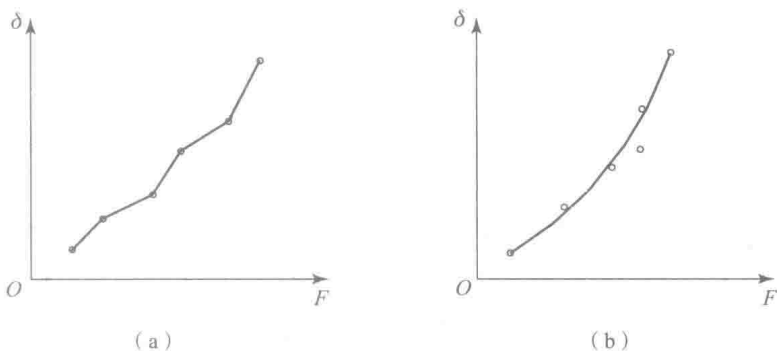


图 1-1 曲线描绘示例

(a) 不正确描法; (b) 正确描法

(7) 实验的总结及体会。对实验的结果进行分析,说明其优缺点、精度是否满足要求等。对误差加以分析,并回答教师指定的思考题。

§1-3 误差分析及数据处理

一、误差的概念及分类

实验中,依靠各种仪表、量具测量某个物理量时,由于主客观原因,总不能测得该物理量的真值,即在测量中存在着误差。若对实验数据取舍和误差分析得当,则一方面可以避免不必要的误差,另一方面可以正确地处理测量数据,使其最大限度地接近真值。

测量误差根据其产生原因和性质可以分为系统误差、过失误差和随机误差。实验时,必须明确自己所使用的仪器、量具本身的精度,创造好的环境条件,认真细致地工作,这样就可使误差控制在最低程度。

二、系统误差的消除与增量法

分析实验中的具体情况,可以尽可能地减小甚至消除系统误差。常用的方法如下。

(1) 对称法。材料力学实验中所采用的对称法包括两类。对称读数——例如拉伸试验中,试件两侧对称地装上引伸仪测量变形,取其平均值就可消去加载偏心造成的影响(球铰式引伸仪构造本身减弱了这种影响);再如,为了达到同样目的,可在试件对称部位分别贴应变片。加载对称——在加载和卸载时分别读数,这样可以发现可能出现的残余应力应

变,并减小过失误差。

(2) 校正法。经常对实验仪表进行校正,以减小因仪表不准所造成的系统误差。如根据计量部门规定,材料试验机的测力度盘(相对误差不能大于1%)必须每年用标准测力计(相对误差小于0.5%)校准;又如电阻应变仪的灵敏系数度盘,应定期用标准应变模拟仪进行校准。

(3) 增量法(逐级加载法)。当需测量某根杆件的变形或应变时,在比例极限内,载荷由 F_1 增加到 $F_2, F_3, \dots, F_i, \dots$,在测量仪表上,便可以读出各级载荷所对应的读数 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_i, \dots$, $\Delta A = A_i - A_{i-1}$ 称为读数差。各个读数的平均值就是当载荷增加 ΔF (一般载荷都是等量增减)时的平均变形或应变。

增量法可以避免某些系统误差的影响。如材料试验机如果有摩擦力 f (常量)存在,则每次施加于试件上的真实力为 $F_1 + f, F_2 + f, \dots$ 。再取其增量 $\Delta F = (F_2 + f) - (F_1 + f) = F_2 - F_1$,摩擦力 f 便消去了。又如某实验者读引伸仪时,习惯于把数字读得偏高。如果采用增量法,而实验过程中自始至终又都是同一个人读数,个人的偏向所带来的系统误差也可以消除掉。

实验过程中,记录人员如果能随时将读数差算出,还可以消除由于实验者粗心所致的过失误差。

材料力学实验中,一般采用增量法。

三、实验数据整理的几条规定

1. 读数规定

(1) 从仪表或量具上读出的标度值是实验的原始数据,一定要认真对待,如实地记录下来,不得进行任何加工整理。

(2) 表盘读数一般读到最小分格的1/10,其中最后一位有效数字是可疑数字。

2. 数据取舍的规定

明显不合理的实验结果通常称为异常数据。例如:外载增加了,变形反而减小;理论上应为拉应力的区域测出为压应力等。这种异常数据往往由过失误差造成,发生这种情况时必须首先找出数据异常的原因,再重新进行测试。对于明显不合理数据产生的原因也应在实验报告中进行分析讨论。

3. 实验结果运算的规定

(1) 实验结果运算必须遵循有效数字的计算法则。

①加减法运算时,各数所保留的小数点后的位数应与各数中小数点后位数最少的相同。例如: $8.346 + 0.0072 + 13.49$ 应写为 $8.44 + 0.01 + 13.49 = 21.94$,而不应算成21.9332。

②乘除法运算时,各因子保留的位数以有效数字最少的为准,所得积或商的准确度不应高于准确度最低的因子。

③大于或等于四个数据计算平均值时,有效数字增加一位。

(2) 实验结果必须用国际单位制表示。

(3) 对于理论值的验证实验,应计算实验值和理论值之间的相对误差。

$$\text{相对误差} = \frac{\text{理论值} - \text{实验值}}{\text{理论值}} \times 100\%$$

对理论值为零的误差,计算时采用绝对误差。

第二章 主要仪器设备介绍

§2-1 液压式万能试验机

能够进行拉伸、压缩、剪切、弯曲等多种试验的机器称为万能试验机。目前我国生产的万能试验机就其施力传动装置或测力装置的不同,可分为液压式、机械式和电子式三种类型。这里介绍最常用的油压摆式万能机,其主要由加载部分、测力部分、自动绘图器和操作面板共四部分组成,其外形如图 2-1 所示,结构原理如图 2-2 所示。

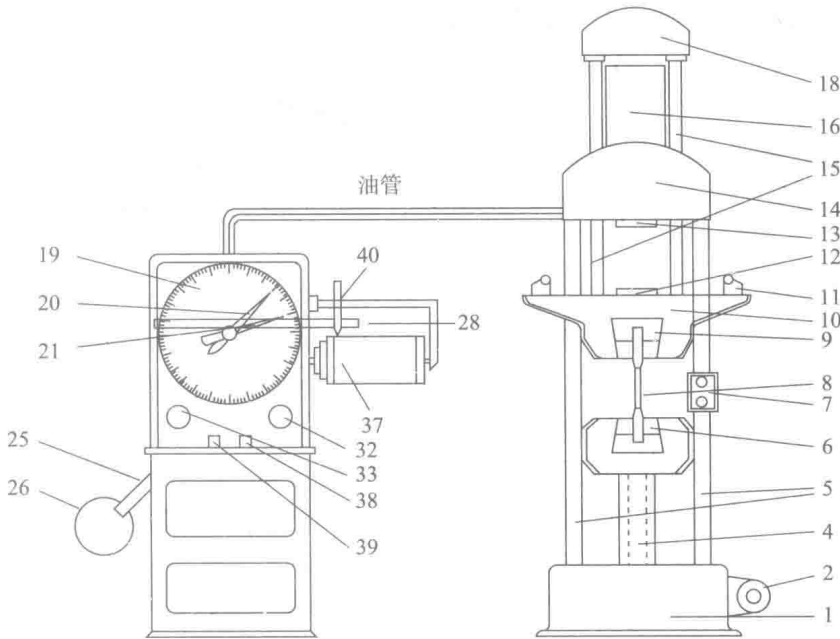


图 2-1 液压式万能试验机外形图

1—底座; 2—下夹头升降电动机; 4—蜗杆; 5—固定立柱; 6—下夹头; 7—下夹头升降按钮; 8—试件;
9—上夹头; 10—活动平台; 11—支座; 12—下压板; 13—上压板; 14—大横梁; 15—活动立柱;
16—工作油缸; 18—小横梁; 19—测力度盘; 20—主动指针; 21—从动指针; 25—摆杆; 26—摆锤;
28—螺杆; 32—进油阀; 33—回油阀; 37—自动绘图器; 38—停止按钮; 39—启动按钮; 40—绘图笔

一、构造原理

1. 加载部分

在机器底座 1 上,装有两个固定立柱 5,它们支承着大横梁 14 和工作油缸 16。开动电动机 36,带动油泵 35,将油液从油箱 34 吸入工作油泵,经油泵的出油管送到进油阀 32 内,

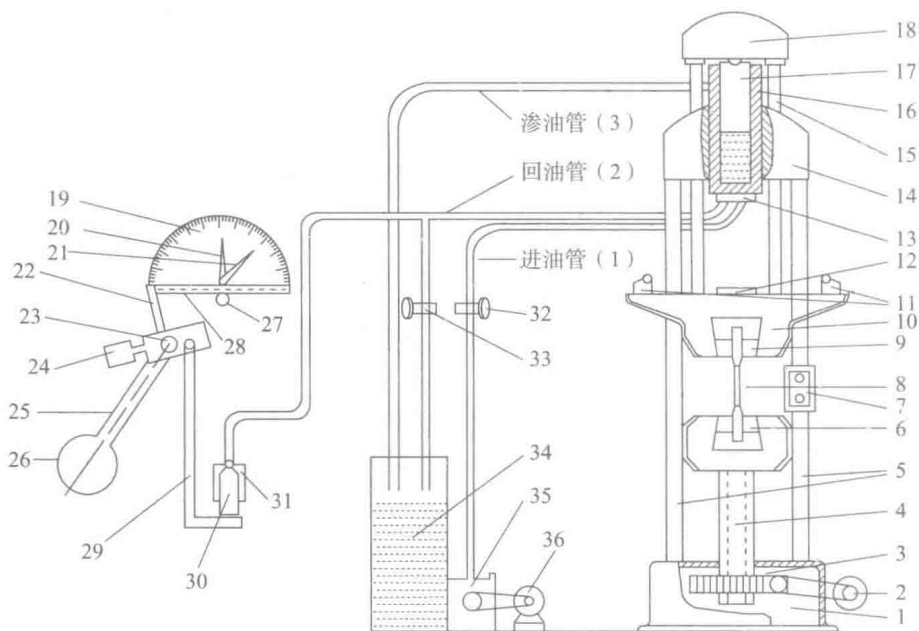


图 2-2 液压式万能试验机原理图

- 1—底座；2—下夹头升降电动机；3—蜗轮；4—蜗杆；5—固定立柱；6—下夹头；7—下夹头升降按钮；
8—试件；9—上夹头；10—活动平台；11—支座；12—下压板；13—上压板；14—大横梁；15—活动立柱；
16—工作油缸；17—工作活塞；18—小横梁；19—测力度盘；20—主动指针；21—从动指针；22—推杆；
23—支点；24—平衡铰；25—摆杆；26—摆锤；27—齿轮；28—螺杆；29—拉杆；30—测力活塞；
31—测力油缸；32—进油阀；33—回油阀；34—油箱；35—油泵；36—电动机

当进油阀 32 手轮打开时, 油液经进油管 (1) 进入工作油缸 16 内, 通过油压推动工作活塞 17, 由活塞顶起小横梁 18, 再由小横梁 18 带动活动立柱 15 和活动平台 10 上升。若将试件两端装在上下夹头 9、6 之间, 因下夹头 6 固定不动, 当活动平台 10 上升时, 试件便受到拉力。若把试件放在活动平台的下压板 12 上, 当活动平台 10 上升时, 由于上压板 13 固定不动, 试件与上压板 13 接触后, 便受到压力, 产生压缩变形。把弯曲试件放在两支座 11 上, 当试件随活动平台上升并碰到上夹头后, 便产生弯曲变形。一般试验机在输油管路中都装有进油阀门 32 和回油阀门 33。进油阀门用于加载, 控制进入工作油缸中的油量, 以便调节试件变形速度。回油阀门用于卸载, 打开时, 可使工作油缸中的压力油流回油箱, 活动平台由于自重而下落, 回到原始位置。

根据拉伸的空间不同,可启动下夹头升降电动机 2,转动底座中的蜗轮 3,使蜗杆 4 上下移动,以调节下夹头 6 的升降位置。注意当试件已夹紧或受力后,不能再开动下夹头升降电动机 2;否则,就会造成下夹头对试件加载,以致损伤机件,烧毁电动机 2。

2. 测力部分

测力部分主要由测力度盘 19、指针 20 和 21、回油管 (2)、测力油缸 31、工作油缸 16、摆锤 26、拉杆 29 等组成。加载时, 工作油缸 16 中的压力油推动活塞 17 的力与试件所受的力随时处于平衡状态。由于回油管 (2) 将工作油缸 16 和测力油缸 31 连通, 工作油缸内油压通过回油管 (2) 传到测力油缸并推动测力活塞 30 向下。通过拉杆 29 使摆锤 26 绕支点 23 转动而抬起, 同时摆上的推杆 22 推动螺杆 28, 螺杆 28 又推动齿轮 27, 齿轮 27 又带动主动指针 20 旋转。这样操作者便可从测力度盘 19 上, 读出试件受力的大小。

如果增加或减小摆锤的重量,当指针旋转同一角度时,所需的油压也就不同,即指针在同一位置所指示出的载荷大小与摆锤重量有关。一般试验机有 A、B、C 三种锤重,测力度盘上也相应地有三种刻度,分别表示三种测力范围。例如 300 kN 万能机有 0~60 kN、0~150 kN 和 0~300 kN 三种刻度。试验时,要根据试件所需载荷的大小,选择合适的测力度盘,并在摆杆上挂上相应重量的摆锤即可。

加载前,测力针应指在度盘上的“零”点,否则必须加以调整。调整时,先开动电动机 36,将活动平台 10 升起 5~10 mm,然后移动摆杆上的平衡铊 24,使摆杆保持铅直位置。转动螺杆 28 使主动指针 20 对准“零”点,然后轻轻按下测力度盘中央的弹簧按钮并把从动指针拨到主动指针右边附近即可。先升起活动平台才调整零点的原因是活塞、小横梁、活动立柱、活动平台和试件等有较大的重量,这部分重量必须消除,不应反映到试件荷载的读数中去,只有这样才能避免测力读数的误差。而要消除自重,工作油缸里必须要有一定的油压先将它们升起才能消除,这部分油压并未用来给试件加载,只是消除升起部分的重量。

3. 绘图部分

在试验机上,连有一套附属装置,可以在试验过程中,自动地画出试件所受载荷与变形之间的关系曲线,这种装置称为自动绘图器。自动绘图器 37 装在测力度盘的右边,由绘图笔、导轨架、滚筒、擎线和坠铊等组成。绘图纸卷在滚筒上,水平螺杆运动方向为力坐标 F ,滚筒转动方向为变形坐标 ΔL 。试件受力时,绘图笔便会自动地把拉伸图 ($F-\Delta L$) 曲线描绘在绘图纸上。由于线图的精确度较差,所以它绘出的图形只能作为定性的示范,不能当作定量分析。

4. 操作部分

该部分主要由进油阀 32、回油阀 33、启动按钮 39、停止按钮 38、电源开关等组成。进油阀的作用是将油箱里的油送至工作油缸。进油阀门开得大,表示压力油送到工作油缸里的速度快,也就说明试件受力大,变形快。试验时要严格控制进油阀门的大小,保证荷载指针均匀地转动。回油阀的作用主要是使试件卸载,试验完毕后,须打开回油阀,使工作油缸里的油流回油箱。万能试验机的具体操作方法在“操作规程”中具体介绍。

二、操作规程

(1) 检查机器:检查油路上各阀门是否处于关闭位置;试件夹头形式和尺寸是否与试件相配合;各保险开关是否有效;自动绘图器是否正常。

(2) 选择度盘:根据试件的大小估计所需的最大载荷,选择适当的测力度盘;配置相应的摆锤,调节好回油缓冲器。

(3) 指针调零:打开电源,开启油泵电动机,检查机器运转是否正常;关闭回油阀,拧开进油阀,缓慢进油;当活动平台上升少许(约 10 mm)后,便关闭进油阀;移动平衡铊使摆杆保持垂直;然后调整指针指零。

(4) 安装试件:做压缩试验时必须保持试件中心受力,将试件放在下夹板的中心位置;安装拉伸试件时,须开动下夹头的升降电动机,调整下夹头位置,夹头应夹住试件全部头部。

(5) 进行试验:启动油泵电动机,操纵进油阀;注视测力度盘,慢速加载;操纵机器

必须专人负责,坚守岗位,如发生机器声音异常,立即停机。

(6) 还原工作:试验完毕,关闭进油阀,打开液压夹具,取下试件;拧开回油阀,缓慢回油,使活动平台回到初始位置,将一切机构复原,停机。

注意事项:试件夹紧后,不得再开动下夹头升降电动机,否则会烧坏电动机。

§2-2 扭转试验机

扭转试验机用于测定金属或非金属试样受扭时的力学性能。目前使用较广的是 NJ 系列扭转试验机,它是采用伺服直流电动机加载、杠杆电子自动平衡测力和可控硅无级调速控制加载速度,具有正反向加载、精度较高、速度宽广等优点。其外形如图 2-3 所示。最大扭矩为 1 000 Nm,有四个量程,分别是 0~100 Nm、0~200 Nm、0~500 Nm、0~1 000 Nm。加载速度为 0~36 (°)/min 和 0~360 (°)/min 两挡,工作空间为 650 mm。主要由加载部分、测力部分、自动绘图器和操作面板共四部分组成。

一、加载部分

加载部分见图 2-3,主要由伺服直流电动机 9、减速齿轮箱 8 和活动夹头 6 组成。加载机构由六个滚珠轴承支承在机座的导轨上,可以左右滑动。加载时,打开电源开关,直流电动机 9 转动,通过减速齿轮箱 8 的两级减速,带动活动夹头 6 转动,从而对安装在夹头 6 和夹头 5 之间的试件施加扭矩。

操作面板的放大图见图 2-4。面板上 10 为电源开关。加载按钮 7 (一组三个按钮),可控制试验机的正反向加载和停机。加载速度由速度范围开关 4 换挡、用调速电位器 6 调节。

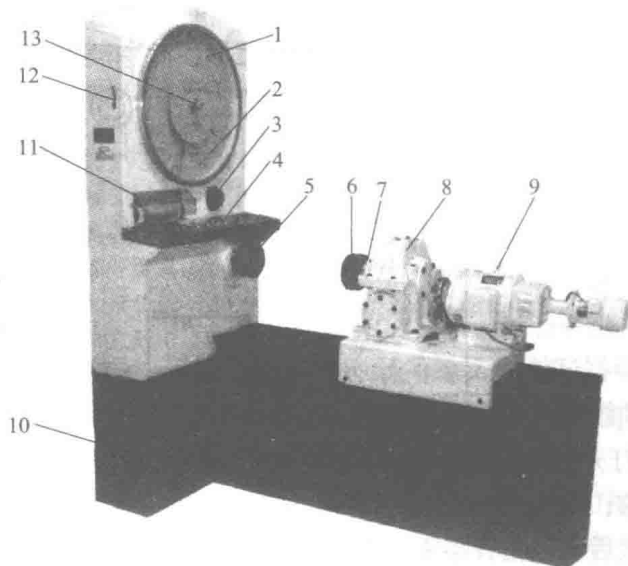


图 2-3 扭转试验机外形图

1—度盘; 2—指针; 3—量程选择按钮; 4—操作面板; 5—固定夹头; 6—活动夹头; 7—刻度环;
8—减速齿轮箱; 9—伺服直流电动机; 10—机座; 11—自动绘图器; 12—调零微调旋钮; 13—从动针拨动按钮



7—正转、反转、停止按钮；8—记录器指示灯；9—复位按钮；10—电源开关

二、测力部分

测力机构为杠杆电子自动平衡系统,如图 2-5 所示。当试件受扭后,扭矩由固定夹头



1—直流电动机；2—自整角发送机；3—活动夹头；4—固定夹头；5—链条；6—拉杆；7—度盘；8—指针；

9、20—钢丝；10—差动变压器铁芯；11、15、27—杠杆；12—调零微调旋钮；13、24—放大器；

14—锥齿轮；16—量程选择旋钮；17—自整角变压器；18—传动齿轮；19—绘图笔；

21—游铰；22—滑轮；23、26—伺服电动机；25—滚筒；28—凸齿轮；29—变支点杠杆

4 传递给测力系统。电动机正向转动,使杠杆 15 逆时针转动,通过 A 点将力传递给变支点杠杆 29;电动机反向转动,则杠杆 15 顺时针转动,通过 C 点将力传递给变支点杠杆 29。拉杆 6 上的拉力 F 通过刀口 D 作用在杠杆 11 的左端。杠杆 11 绕 B 支点转动使右端翘起,推动差动变压器的铁芯 10 移动,发出一个电信号,经放大器 24 使伺服电动机 23 转动,带动钢丝 9 拉动游砣 21 水平移动,当游砣移动,以 B 为支点的力矩达到平衡 $Q \times s = F \times r$ 时,杠杆 11 又恢复到水平状态,差动变压器的铁芯也恢复零位。这时差动变压器无信号输出,伺服电动机 23 停止转动。由此可见,扭矩大小与游砣的移动距离 s 成正比,与拉动载荷 F 成正比。钢丝 9 带动滑轮 22 旋转,从而使指针 8 偏转,偏转角度与游砣位移 s 成正比。经过生产厂家专业标定,指针便可在示力盘上指示出扭矩的具体数值。

若需要变换示力度盘,转动量程选择旋钮 16,经过链条 5 和锥齿轮 14 带动凸齿轮 28 旋转,使凸齿轮轴上的不同凸齿与变支点杠杆 29 上的不同支点接触,这样便可改变杠杆 29 上力臂比例,达到了变换测力矩范围之目的。

三、自动绘图

对于扭转试验,要记录扭矩 M 和扭转角 ϕ 曲线,即 $M-\phi$ 曲线。绘图器由绘图笔 19 和滚筒 25 等组成。绘图笔水平移动量表示扭矩大小,在滑轮 22 带动指针转动的同时,又带动钢丝 20 使绘图笔水平移动。绘图滚筒的转动表示活动夹头 3 的绝对转角,它是由自整角发送机 2 给出转动信号,经放大器 13 放大后输给伺服电动机 26 和自整角变压器 17,从而使绘图筒转动,其转动量与试件的转角成正比,这样就会自动绘制出扭矩-转角 ($M-\phi$) 曲线。

四、操作步骤和注意事项

- (1) 估算试验所需要的最大扭矩,选择合适的量程。
- (2) 根据试样夹持端形状,选择合适的钳口和衬套。
- (3) 装好自动绘图器上的纸和笔,并打开绘图器开关。
- (4) 打开电源,转动调零微调旋钮 12,使主动针对准零点,并把从动针拨至零位。
- (5) 安装试件,先将试件的一端插入固定夹头 4 中,并夹紧。调整加载机构水平移动,使试件的另一端插入活动夹头 3 中后再夹紧。
- (6) 正式加载试验。根据需要 will 加载开关上的正转或反转按钮按下,逐渐调节变速电位器,使直流电动机转动对试件施加扭矩。

(7) 试验完毕,立即停机,取下试件,机器复原并清理现场。

注意事项:

- (1) 开机前要把调速电位器左旋到零点,以防开机时产生冲击力矩而损坏试验机零部件。
- (2) 要在停机状态下,扳动“快、慢挡变速开关”进行变速。
- (3) 施加扭矩后,禁止转动量程选择手轮。
- (4) 试验要注意安全,避免衣物被试验机拉扯环绕。

§2-3 几种变形仪

一、百分表

变形仪是测量试件变形的基本仪器。目前广泛应用的有杠杆式引伸仪、表式引伸仪、应变式引伸仪等各种类型的引伸仪。虽然结构形式不同,但一般都由三个基本部分组成:感受变形部分——用来直接与试件表面接触,以感受试件变形的机构;传递和放大部分——把感受到的变形加以放大的机构;指示部分——指示或记录变形大小的机构。下面主要介绍表式引伸仪——百分表(千分表)。

百分表的构造如图2-6所示。其基本原理为,测杆上下移动,通过齿轮传动,带动指针转动,将测杆轴线方向的位移量转变为百分表(千分表)的读数。把百分表(千分表)的圆周边等分成100个小格(千分表等分成200个小格),百分表指针每转动一圈为1 mm,每格代表1/100 mm(千分表指针每转动一圈为0.2 mm,每格代表1/1 000 mm)。

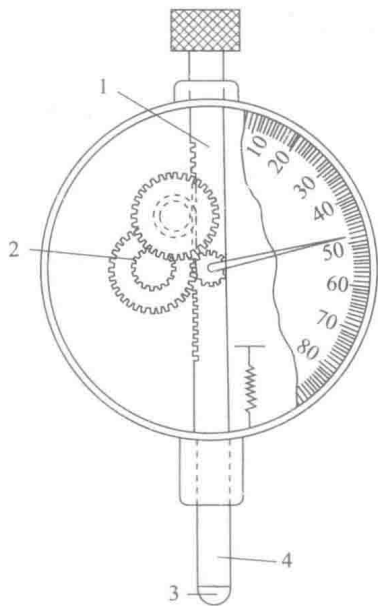


图2-6 百分表结构图

1—齿条; 2—齿轮; 3—测头; 4—测杆

二、杠杆式引伸仪

此引伸仪是一种机械式的变形仪,其基本标距为20 mm,根据需要还可用附件加长标距,放大倍数为900~1 300倍,量程为0.1~0.25 mm。它是通过一系列的杠杆放大来完成读数的,这里不再一一赘述。

§2-4 应变电测基础知识及电阻应变仪

电测法的基本原理是用电阻应变片测定构件表面的线应变,再根据应变-应力关系确定