

CAILIAO LIXUE SHIYAN

材料力学实验

徐广民 编

TB301-33
36



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

014011922

TB301-33
36

主要内容

材料力学实验

徐广民 编



西南交通大学出版社

成都



北航

C1698458

TB301-33

36

内容提要

本书是依据高等职业学校机械、土木工程等专业力学课程教学的基本要求编写的,是工程材料基本力学性能试验与力学原理验证实验的必备教材。全书共三章,第一章主要介绍材料力学实验的内容及程序;第二章主要介绍实验仪器、设备及操作使用方法;第三章为基本实验指导及报告,包括拉伸(压缩)、圆轴扭转、测剪切模量、弯曲正应力、弯曲变形、电测法测弹性模量及泊松比等基本实验项目。

本书参照了最新颁布的国家标准,更新了术语及符号,使实验内容与现行国家标准保持一致。

本书是与高等职业学校、高等专科学校、成人高校工科类各专业力学课程的教科书配套使用的实验教材,也可供实验室人员及其他工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学实验 / 徐广民主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2013.9

ISBN 978-7-5643-2671-5

I. ①材… II. ①徐… III. ①材料力学—实验—高等学校—教材 IV. ①TB301-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 217800 号

材料力学实验

徐广民 编

*

责任编辑 王 旻

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市金牛区交大路 146 号 邮政编码: 610031

发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 5.5

字数: 136 千字

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-2671-5

定价: 15.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

主要符号表

前 言

材料力学实验是力学课程的重要组成部分,是高职高专工科专业学生必备的基本能力训练环节,也是学生走向工作岗位必须掌握的一项基本技能。通过实验教学,可使学生掌握材料力学实验的基本方法和基本技能,培养学生的实际动手能力及综合应用理论知识和实验手段解决工程实际问题的能力。

本教材参照了最新颁布的国家标准,更新了术语及符号,使实验内容与现行国家标准保持一致;为了适应实验技术的发展和实验设备的更新,增加了较先进的实验仪器与设备介绍。本书力求使学生达到对常用材料力学性能及测试方法的基本掌握,对常用的实验设备和仪器能基本操作的目的。

全书共分三章:第一章概述,对材料力学实验的内容、程序和要求作了简单介绍;第二章常用实验设备及仪器,简单地介绍了目前各校使用的国产实验设备及仪器;第三章实验指导及报告,包括拉伸(压缩)、圆轴扭转、测剪切模量、弯曲正应力、弯曲变形、电测法测弹性模量及泊松比等基本实验项目。每项实验中除实验目的、实验设备及器材、实验原理、实验操作步骤外,还附有实验报告的示范性格式,以供选用和参考。

朱永超老师参加了编写工作,并对新增实验仪器与设备介绍、实验术语和符号等与最新国家标准符合情况进行了审核。张超平老师为本书提出了不少宝贵的意见。另外,书稿承郑州铁路豫鼎工程检测有限公司建筑材料室主任高建杰先生审阅,提出许多宝贵意见和有益的建议,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年7月

主要符号表

符号	量的名称	符号	量的名称
A	断后伸长率	M	弯矩
	混凝土立方体试件的横截面面积	R_{eL}	拉伸下屈服强度
d	圆试件外直径	R_{eH}	拉伸上屈服强度
d_0	圆试件平行长度的原始直径	R_m	抗拉强度
d_u	圆试件的断后直径	R_{eLc}	压缩下屈服强度
e_l	轴向应变	R_{mc}	抗压强度
e_t	横向应变	S	轴向应力
E	弹性模量	S_0	试件平行长度部分原始横截面面积
E_t	拉伸弹性模量	S_u	试件断口处的最小横截面面积
f_{cc}	混凝土立方体抗压强度	T	扭矩
F	载荷	T_m	最大扭矩
F_p	比例极限载荷	T_{eL}	下屈服扭矩
F_{eL}	拉伸下屈服载荷	ΔT	扭矩增量
F_{eLc}	压缩下屈服载荷	W	扭转截面系数
F_m	拉伸最大载荷	y	挠度
F_{mc}	压缩最大载荷	Z	断面收缩率
ΔF	载荷增量	δ	位移
G	剪切模量	$\Delta \delta$	位移增量
I_p	极惯性矩 (截面二次极矩)	ε	线应变
I_z	轴惯性矩 (截面二次轴矩)	θ	转角
Δl	轴向变形变化量	σ	正应力
ΔL_{el}	试件轴向变形	$\Delta \sigma$	正应力增量
ΔL_{et}	试件横向变形	τ_{eL}	扭转下屈服强度
L_0	试件的原始标距	τ_m	抗扭强度
L_c	试件平行长度	ϕ	扭角
L_t	试件总长度	$\Delta \phi$	扭角增量
L_u	试件的断后标距	μ	泊松比
L_{el}	轴向引伸计标距		
L_e	扭转计标距		

目 录

第一章 概 述	1
第一节 实验内容简介	1
一、测定材料力学性能的试验	1
二、验证理论的实验	1
三、应力分析的实验	1
第二节 实验程序及要求	2
一、实验前的准备工作	2
二、实验测试	2
三、整理实验报告	2
第二章 常用实验设备及仪器	4
第一节 万能材料试验机	4
一、WE 型液压式万能材料试验机	4
二、微机控制电液伺服万能材料试验机	7
第二节 扭转试验机	11
一、NJ 型扭转试验机	11
二、K-50 型扭转试验机	15
第三节 变形仪	16
一、杠杆式引伸仪	17
二、表式引伸仪	19
三、静态电阻应变仪	21
四、电子引伸计	29
第三章 实验指导及报告	30
第一节 拉伸试验	30
一、试验目的	30
二、试验设备及器材	30
三、试验原理	31
四、试验操作步骤	33
五、思考题	33

拉伸试验报告	34
一、试验目的	34
二、试验设备及器材	34
三、试验数据记录及处理	34
四、问题讨论	36
第二节 压缩试验	37
一、试验目的	37
二、试验设备及器材	37
三、试验原理	38
四、试验操作步骤	39
五、思考题	39
压缩试验报告	40
一、试验目的	40
二、试验设备及器材	40
三、试验数据记录及处理	40
四、问题讨论	42
第三节 拉伸时低碳钢弹性模量 E_t 的测定	43
一、试验目的	43
二、试验设备及器材	43
三、试验原理	43
四、试验操作步骤	44
五、思考题	44
弹性模量 E_t 测定报告	45
一、试验目的	45
二、试验设备及器材	45
三、试验数据记录及处理	46
四、问题讨论	47
第四节 圆轴扭转试验	48
一、试验目的	48
二、试验设备及器材	48
三、试验原理	48
四、试验操作步骤	50
五、思考题	50
圆轴扭转试验报告	51
一、试验目的	51
二、试验设备及器材	51

三、试验数据记录及处理	51
四、问题讨论	52
第五节 扭转时低碳钢剪切模量 G 的测定	53
一、试验目的	53
二、试验设备及器材	53
三、试验原理	53
四、试验操作步骤	55
五、思考题	55
剪切模量 G 测定报告	56
一、试验目的	56
二、试验设备及器材	56
三、试验数据记录及处理	56
四、问题讨论	58
第六节 弯曲正应力实验	59
一、实验目的	59
二、实验设备及器材	59
三、实验原理	59
四、实验操作步骤	60
五、思考题	61
弯曲正应力实验报告	62
一、实验目的	62
二、实验设备及器材	62
三、实验数据记录及处理	62
四、问题讨论	65
第七节 弯曲变形实验	66
一、实验目的	66
二、实验设备及器材	66
三、实验原理	66
四、实验操作步骤	67
五、思考题	67
弯曲变形实验报告	68
一、实验目的	68
二、实验设备及器材	68
三、实验数据记录及处理	68
四、问题讨论	70

第八节 电测法测定低碳钢拉伸时的弹性模量 E_t 和泊松比 μ	71
一、试验目的	71
二、试验设备及器材	71
三、试验原理	71
四、试验操作步骤	72
五、思考题	73
电测法测定弹性模量 E_t 及泊松比 μ 试验报告	74
一、试验目的	74
二、试验设备及器材	74
三、试验数据记录及处理	74
四、问题讨论	76
附录 工程材料力学性能试验的国家标准 (GB) 目录	77
参考文献	78

第一章 概 述

第一节 实验内容简介

材料力学实验是材料力学课程中一个重要的实践性教学环节。通过实验可以使 学生巩固、加深所学的基本理论知识，掌握测定材料力学性能的基本技能和方法，了解实验应力分析的基本概念，并初步掌握验证材料力学理论的方法，培养学生的动手能力和严肃认真、一丝不苟、实事求是的科学工作作风。

材料力学实验，按其性质可以分为以下 3 类：

一、测定材料力学性能的试验

为了解决构件的强度、刚度和稳定性问题，除了掌握材料力学的计算公式外，还需要通过拉伸、压缩、扭转、疲劳等试验，了解有关材料的力学性能，测定材料的极限应力、弹性模量等力学参数，这些参数是设计构件的基本依据。这些试验要根据国家现行标准规范来完成。通过这类试验，可以加深对材料力学基础知识的理解，初步掌握测定材料力学参数的基本方法。

二、验证理论的实验

材料力学的许多公式，都是在实验的基础上建立起来的。将实际问题抽象为理想模型，根据科学假设，推导出一般性公式，这是研究材料力学的常用方法。这些简化和假设是否正确，理论公式的准确性如何，还需要通过实验来验证（弯曲实验便属于此类实验），通过这类实验能增进感性知识，进一步深刻理解课程的内容，明确理论、定理及公式的适用条件。

三、应力分析的实验

工程上有许多构件和零部件，其形状和应力分布情况都十分复杂，它们的强度计算理论，还 未完全解决，或者单靠理论计算不容易得到满意的结果。因此，必须借助实验的方法来测定应力。实验应力分析的方法很多，如电测法、光测法等等，本书主要介绍工程上广泛应用的电测法。通过这类实验，可以拓宽学生的知识面，开发学生的智力，培养他们观察、分析和解决问题的能力。

本书介绍的各项实验，其实验条件为室温[10 ~ 35℃ 范围内进行，对温度有严格要求时应为 (23 ± 5)℃]、静载。

第二节 实验程序及要求

材料力学的各项实验，都必须按照实验程序进行。一个完整的实验程序，通常可分为实验前的准备工作、实验测试和整理实验报告 3 个方面。

一、实验前的准备工作

实验前的准备工作是顺利进行实验的保证，其主要内容是：

- (1) 明确实验目的、原理和步骤。
- (2) 熟悉所使用的试验设备、仪器和量具的工作原理及使用方法，预习操作规程。
- (3) 选定试件（或模型），了解材质及加工情况是否合格，认真测量试件规格尺寸。
- (4) 估算测试所需载荷范围，拟订加载方案。
- (5) 参加实验人员进行分组，分工。

二、实验测试

实验测试是实验程序的中心环节，必须注意以下几点：

- (1) 在正式开始实验以前，要检查试验设备及仪器工作是否正常，试件安装是否满足检测要求等，待指导教师检查无误后，方可开动机器。
- (2) 实验开始，操作者及测读记录者均应严肃认真，一丝不苟地协调工作。
- (3) 实验完毕，要检查所测试的数据是否齐全；并注意将设备、仪器恢复原位。

三、整理实验报告

实验报告是经实验者整理的实验资料的总结，也是评定实验质量的依据。实验报告应当包括下列内容：

- (1) 实验名称，评定标准编号、日期、实验人、审核人及批准人签名。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验设备和器材，注明使用仪器设备的名称、型号及精度。
- (4) 实验结果处理：

① 实验数据一律采用固定表格形式记录，填表时要注意测量单位。此外，还要注意仪器本身的精度和有效数字。仪器的最小刻度代表仪器的精度，例如百分表最小刻度是 0.01 mm ，其精度即为 $1/100\text{ mm}$ ，但实际测量时可估计到最小刻度的十分位，例如 0.158 mm （或 $158 \times 10^{-3}\text{ mm}$ ），其中最后一位数字 8 就是估计出来的，为不准确数字，所以说该数为三位有效数字。如果将此读数读成 0.15 mm ，则没有充分利用百分表的精度，但是，若将其读成 0.1586 mm ，则最后一位数是没有道理的，不应当读出。

力学性能的计算结果保留三位有效数字，三位有效数字后的数字按“四舍六入五考虑”

规则执行。即：有效数字后的第一位数为四或四以下的数则舍去，为六或六以上的数则进一。如有有效数字后的第一位数为五，且五以后非零则进一；五以后皆为零而有效数字的末位为偶数则舍去，若五以后皆为零但有效数字的末位为奇数则进一。

② 在材料力学实验中，当对同一物理量作多次测量时，均取测量结果的算术平均值作为该物理量的最佳值。

③ 实验图线应绘在方格纸上，用铅笔按标准绘制，图中应注明坐标轴所代表的物理量和比例尺。

④ 部分金属材料力学性能数据处理。

试验测定的性能结果数值应按照相关产品标准的要求进行修约。如未规定具体要求，应按照如下要求进行修约。

- 强度性能值修约至 1 MPa；
- 屈服点延伸率修约至 0.1%，其他延伸率和断后伸长率修约至 0.5%；
- 断面收缩率修约至 1%。

(5) 实验结果分析：说明实验结果是否正确，问题在哪里，对误差要进行分析，并回答教师指定的思考题。

第二章 常用实验设备及仪器

第一节 万能材料试验机

在材料力学实验中,给试件加载并示出载荷大小的设备,称为材料试验机,是测定材料的力学性能的主要设备。常用的材料试验机有拉力试验机、压力试验机、扭转试验机、冲击试验机、疲劳试验机等。通常把能兼作拉伸、压缩、剪切和弯曲等多种试验的试验机称为万能材料试验机。供静力实验用的万能材料试验机有液压式、机械式、电子机械式等类型。这里仅介绍高等院校常用的液压式万能材料试验机。

液压式万能材料试验机均通过液压系统来提供试验力,差异主要体现在传感器和伺服系统上。其中,WE 型液压式万能材料试验机应用较早,也是高等院校内最常用的力学实验设备,采用手动送(回)油阀控制加载速率,通过机械方式测力,最大试验力相对较小,精度较低;目前,新式的万能材料试验机则采用微机控制电液伺服系统和电子引伸计,对试验力、位移、变形等进行自动控制,试验力大,精度高,保护措施完善。

一、WE 型液压式万能材料试验机

(一) 构造原理

国产 WE 系列试验机的外观如图 2.1(a)所示。这一系列中最常见的为 WE-100A、300、600、1000 试验机,其构造原理示意图如图 2.1(b)所示。

1. 加载部分

该部分是使试件受力和发生变形的装置。在机器底座 1 上,装有两个固定立柱 2,它支承着固定横头 3 和工作油缸 4。开动油泵电机带动油泵 5 工作,将油液从油箱经过油管(1)送入工作油缸 4,从而推动工作活塞 6、上横头 7、活动立柱 8 和活动台 9 上升。试验时将试件安装在上下夹头 10、11 中,下夹头固定不动,当活动台 9 上升时,试件即受到拉伸。若把试件放在活动台上面的下垫板 12 上,当活动台上升时,试件与上垫板 12 接触即受到压缩。一般试验机在输油管路中都装置有送油阀门和回油阀门。送油阀门用来控制进入工作油缸中的油量,以便调节对试件的加载速度。回油阀门打开时,则可将工作油缸中的油液泄回油箱,活动台由于自重而下落,回到原始位置。加载过程中,回油阀门要处于关闭状态。

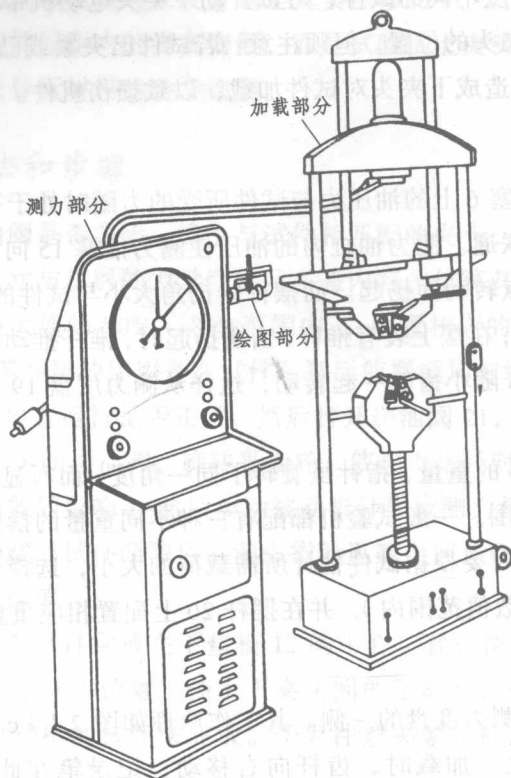


图 2.1 (a) WE 系列液压式万能材料试验机外形图

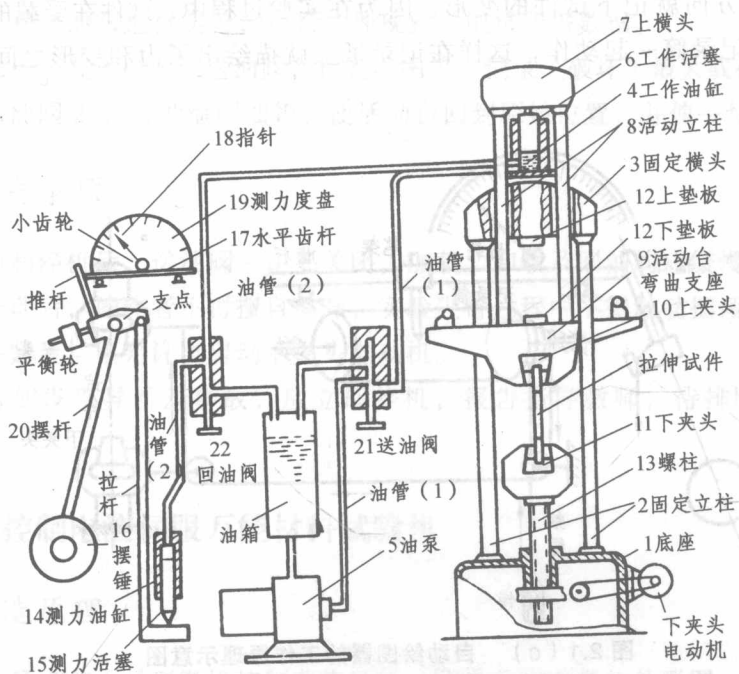


图 2.1 (b) WE 系列液压式万能材料试验机构造原理示意图

2. 测力部分

为了测出试件受力大小，在摆上装有推杆。当摆扬起时，推杆推动水平齿杆 17 向右运动，带动小齿轮转动，而指针 18 随小齿轮一起转动，这样从测力度盘 19 上便可读出试件受力的大小。

3. 自动绘图器

Diagram illustrating the mechanical testing apparatus for measuring the impact energy of a specimen. The apparatus includes a pendulum arm with a hammer at the end, pivoted on a support. A gear mechanism is used to convert the rotational motion of the pendulum into a linear displacement of a recording drum. The recording drum is connected to a pen that moves vertically as the drum rotates, recording the energy on a scale. The specimen is held between two clamps, and the impact is applied to the specimen.

图 2.1 (c) 自动绘图器的工作原理示意图

6

的轮槽内,使描绘出的位移线段的长度分别是真实位移的 1、2、4 倍。必须指出的是,机构所记录的变形,并非试件标距内的真实变形,而是试验机上夹头的位移,其精度较差,所以这个绘图机构主要用来分析材料的力学性能。

(二) 操作方法和步骤

(1) 检查送、回油阀是否关闭,换上与试件相匹配的夹头。

(2) 根据试件的尺寸与材料的力学性能及实验内容,估算其所需的最大载荷。选择测力度盘(载荷约为度盘最大值的 20%~80%范围内),配置相应的摆锤,并将回油缓冲器的阀门调到相应位置(回油缓冲器的作用是在试件断裂后使摆锤均匀缓慢地回落,避免撞击机身)。

(3) 开动主电机,检查运行是否正常,然后打开送油阀 21,向工作油缸缓慢送油,使活动台升起 10 mm 左右,关闭送油阀,旋转平衡轮,使测力指针对准零点(这样可消除活动框架的重量对试件受载读数的影响)。然后拨动被动指针靠拢测力指针(加载时,被动指针随测力指针一起转动;当卸载或试件断裂后,测力指针迅速退回,而被动指针则停留不动,便于读出卸载或断裂时的载荷值)。

(4) 安装试件:压缩试件须放在下垫板 12 的中心位置;拉伸试件需先将试件的一端装于上夹头中,然后调整下夹头位置,使上下夹头间的距离与试件长度相适应,下夹头的位置调整可操作下夹头电动机的按钮来完成。千万注意夹紧试件后,不能再调整下夹头,以免损坏机件。

(5) 装好绘图笔和绘图纸。

(6) 缓慢打开送油阀进行实验,观察各种现象,记录所需数据。

(7) 实验完毕,关闭电源及送油阀,抬起绘图笔,记录(破坏)最大载荷值,取下试件。

(8) 打开回油阀 22,将油泄回油箱,使活动台回到原始位置,并使一切机构复原。

(三) 注意事项

(1) 开机前和停机后,送油阀一定要关闭,加载、卸载及回油均应缓慢进行。

(2) 机器开动后,操作者不得擅自离开,实验进行过程中不得触动摆锤。

(3) 试件夹紧后,不允许再启动下夹头电动机。

(4) 实验时如发现异常及事故,应立即停机,报告指导教师,待排除故障后再重新实验。

二、微机控制电液伺服万能材料试验机

(一) 构造原理

图 2.2(a) 是 SHT4 系列微机控制电液伺服万能材料试验机的外形图,它的构造原理和主机构造示意图如图 2.2(b) 和图 2.2(c) 所示。

