

普通高等院校“十二五”规划教材

材料力学实验指导书

张应红 杨孟杰 编

西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

普通高等院校“十二五”规划教材

材料力学实验指导书

张应红 杨孟杰 编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书分为4章:第1章介绍了材料力学的实验内容、实验标准以及要求等;第2章主要介绍了测定材料的力学性能的设备以及实验方法,并介绍了材料的拉伸、压缩、扭转及疲劳等几个典型实验;第3章着重介绍了电测应力法理论基础,详细介绍了电测应力实验设备,并介绍了应用应变测试原理制作的传感器;第4章为电测应力实验项目,详细讨论了电测应力实验方法在实际教学中的应用,并介绍了若干电测应力的典型实验。

本书可作为高等院校材料力学课程的实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学实验指导书/张应红,杨孟杰编. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.2

普通高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4002 - 0

I. ① 材… II. ① 张… ② 杨… III. ① 材料力学—实验—高等学校—教学参考资料
IV. ① TB301 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 020347 号

策 划 陈 婷

责任编辑 陈 婷 刘志玲

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016年2月第1版 2016年2月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印张 7.5

字 数 90千字

印 数 1~2000册

定 价 15.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4002 - 0/TB

XDUP 4294001 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

随着科技的发展,社会对人才的需求发生了变化,对创新应用型人才的需求越来越大。高等教育培养方针需要不断地深化改革,实验教学应重视培养学生的创新和动手能力,以应对学生综合实践能力及创新精神培养的需要。因此,根据我们多年教学与研究积累的经验,推出了这本新编实验报告。

本书是在国家教委制订的材料力学课程教学要求的基础上,结合桂林电子科技大学工科类材料力学及工程力学课程的教学特点和具体情况编写而成的。本书的特点是简明扼要、方法规范、重点突出、注重实践、实用性强。本书共4章,第1章为绪论,概述了材料力学的实验内容和实验标准以及要求等;第2章为材料的力学性能测定,主要介绍了测定材料的力学性能的设备以及实验方法;第3章着重介绍了电测应力法理论基础,并详细介绍了电测应力实验设备;第4章为电测应力实验项目,详细介绍了电测应力实验方法在实际中的应用。本书力求通俗易懂、简单易学,方便教师组织实验课的教学,指导学生实验。

本书由桂林电子科技大学力学实验室张应红、杨孟杰编写,张应红负责最后统稿。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免有不妥之处,望广大师生和读者不吝指正。

编 者

2015年9月

目 录

实验守则	1
实验报告书写须知	3
第 1 章 绪论	5
1.1 实验内容	5
1.2 实验标准、方法和要求	7
第 2 章 材料的力学性能测定	8
2.1 微机控制电子万能材料试验机	8
2.2 液压式万能材料试验机	12
2.3 微机控制电子扭转试验机	16
2.4 碳钢与铸铁的拉伸、压缩实验	20
2.5 扭转实验	31
2.6 疲劳实验演示	37
第 3 章 电测法理论基础	42
3.1 概述	42
3.2 电阻应变片的工作原理、构造和分类	44
3.3 电阻应变片的工作特性	51
3.4 电阻应变片的选择、安装和防护	56
3.5 半导体应变片	60
3.6 电阻应变片的测量电路	64
3.7 电阻应变式传感器	69
3.8 静态应变仪简介及使用方法	71
3.9 NH-3 材料力学多功能组合实验装置	80
第 4 章 电测应力实验项目	82
4.1 弯曲正应力实验	82
4.2 等强度梁测定实验	88
4.3 桥路实验的设计	92
4.4 偏心拉伸实验	99
4.5 压杆稳定临界载荷的测定	102
4.6 弯扭组合的主应力和内力的测定	106
参考文献	112

实 验 守 则

(1) 课前应认真预习相关实验内容以及仪器设备介绍，了解基本实验原理，明确实验目的，完成预习报告。

(2) 认真听取指导老师对仪器及设备的基本构造、基本原理、实验要求以及注意事项等的进一步讲解。

(3) 以科学态度认真设计实验方案，不断培养科学实验的素养、能力和良好的习惯。在实验过程中，仔细观察，认真思考，如实记录实验数据，每个实验小组的原始实验数据记录需经指导老师检查签字后方可结束实验。

(4) 爱护仪器设备，细心操作，注意安全，未经许可不乱动与本实验无关的仪器设备，实验中若发生意外或发现异常现象，应立即停止实验，并及时报告指导老师，采取有效措施。

(5) 以文明作风结束实验，将所用的仪器按操作规程恢复为初始状态。将所用的量具、工具等合理放置，收拾好桌凳，做好整理清洁工作。将破坏的试件放在指定的回收箱内，未经教师许可请勿擅自带离实验室。

(6) 实验报告是实验的总结资料，是培养学生科学实验素养，提高科学实验综合能力的重要环节，也是考核学生实验成绩的重要依据之一。同组同学可以共享原始实验数据，实验报告则需独立完成。课后一周内，由学习委员或班长统一送交指导老师批阅。

(7) 按照预约时间进入实验室，不得迟到、早退。

(8) 进入实验室，举止文明，不大声喧哗、嬉戏、吸烟、随地吐痰及乱扔杂物纸片等。

(9) 遵守纪律，遵守实验操作规程。对于新设计的实验方案，务必经指导老师确认后方可进行。

因违章操作造成事故者，将追究其责任并按照相关管理规则作相应处理。

实验报告书写须知

撰写实验报告是科学研究的基本训练，是培养科学实验素养，提高科学实验综合能力的重要环节，也是考核学生实验成绩的重要依据之一。同组同学可以共享原始实验数据，实验报告则需独立完成。

撰写实验报告应仔细认真，内容完整，条理分明，数据实事求是，书写工整，图表规范，体现优良的科学实验素养。

实验报告主要包括下列内容：

- ① 实验名称，实验人(及同组人员)姓名，班级，实验日期。
- ② 实验目的，实验基本原理概述和测试系统简图。
- ③ 使用仪器设备及模具的名称、型号、量具等。

实验报告需有原始实验数据记录，有效数字的位数必须符合测量仪器、设备及模具的精度(一般情况下，仪器的最小刻度代表其精度)，相应表格中数字的小数应该相同，在多次测量同一物理量时，可取测量的算术平均值作为该物理量的具体值。

在计算中所用到的公式必须明确列出，计算过程从简，计算结果使用国际单位的常用形式表示。

用于表示实验结果的曲线绘制在坐标纸上，图中应注明坐标轴所表示的物理量和比例尺；实验的坐标点应用“●”、“○”、“□”、“▲”等记号标出，连接曲线(直

线)时应根据多数点的所在位置光滑描绘,或用最小二乘法进行计算,拟合出最佳曲线(直线)。

实验报告的最后部分应对实验结果进行分析,并对教师指定的问题或教材中的相关实验项目后的思考讨论题加以讨论回答,力求简明扼要,抓住要点,突出重点。

希望能对实验的方法、原理及装置等方面提出改进的意见和建议。

一般情况下,在实验课后一周内,由学习委员或班长将实验报告统一送交指导老师批阅。

第 1 章 绪 论

1.1 实 验 内 容

材料力学实验是材料力学的重要支撑。材料力学从理论上进行工程结构构件的应力分析和计算，并对构件的强度、刚度和稳定性进行设计或校核其可靠性。材料力学实验则从实验角度为材料力学理论和应用提供支持。当理论分析、计算遇到困难时，借助材料力学实验技术和方法，可直接进行结构构件的应力分析；在工程结构投入运行期间，材料力学实验的分析技术更是结构安全性评价的可靠手段之一。因此，材料力学实验能力与理论分析、计算能力的培养，具有同等重要的地位。

材料力学实验按性质可分为以下四类。

1. 测定材料力学性能的实验

材料的力学性能是指在一定温度条件和外力作用下，材料在变形、强度等方面表现出的一些特性，如弹性极限、屈服极限、强度极限、弹性模量、疲劳极限、冲击韧性等。这些指标或参数都是构件强度、刚度和稳定性计算的依据，而它们一般要通过实验来测定。此外，材料的力学性能测定又是检验材质，评定材料热处理工艺、焊接工艺的重要手段。随着材料科学的发展，各种新型合金材料、合成材料不断涌现，力学性能的测定是研究每一种新型材料的重要手段之一。

2. 理论验证实验

材料力学的一些理论是以某些假设为基础的，先将实际问题简化为力学模型，再根据科学的假设，推导出材料力学计算公式，所以必须通过实验来验证是否能将之推广到工程设计中去应用，例如弯曲正应力实验就是验证理论的实验。用实验验证这些理论的正确性和适用范围，有助于加深对理论的认识和理解。对新建立的理论 and 公式，用实验验证是必不可少的，实验是验证、修正和发展理论的必要手段。

3. 应力分析实验

当构件形状和受力复杂时，应力计算难以获得准确的结果。这时，用电测实验应力分析的方法直接测定构件的应力，便成为有效的方法。此类实验包括贴片实验、桥路实验、弯扭组合实验等。

4. 设计性、综合性实验

“理论是知识，实践也是知识，而且是更重要的知识”。为使学生的知识结构得到调整，使知识向更深层次、更高阶段发展，培养学生的实际动手能力、理论联系实际的能力及工程设计能力，开展设计性实验是很有必要的。此类实验有桥路实验、弯扭组合实验。

1.2 实验标准、方法和要求

材料的力学性能虽是材料的固有属性,但往往与试件的形状和尺寸、表面加工精度、加载速度、周围环境(温度、介质)等有关。为了使实验结果能互相比,国家对试样的取材、形状尺寸、加工精度、实验手段和方法以及数据处理等都作了统一规定,即国家标准。我国的国家标准的代号是 GB。

破坏性实验,考虑到材料质地的不均匀性,应采用多根试样,然后综合多根试样的结果得出材料的性能指标。非破坏性实验,需要借助于变形放大仪表,为减小测量系统引入的误差,一般要多次重复进行,然后综合多次测量的数据得到所需结果。

实验是工程师的基本功。实验课前必须预习实验内容,实验时经教师提问合格才能参加实验。实验要勤于动手,注意安全,养成工程师的严谨作风。实验数据处理要注意单位和有效数字的运算法则,例 $F=12.1914\text{ cm}^2$ 写成 12.2 cm^2 即可。实验曲线应当根据多数点的所在位置,描绘出光滑的曲线,而不要用直线逐点连成折线。实验结果应进行误差分析,实验报告一定要独立完成。一个好的报告应当数据完整,曲线、图表齐全,计算无误,并有讨论分析。

材料力学实验报告包括以下几个内容:

- (1) 实验名称、实验日期、班级、实验小组成员及报告人。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验设备:应注明机器设备、仪器的名称、型号、精度及装置简图。
- (4) 实验原理及实验步骤简述。
- (5) 原始数据、实验记录、计算结果及实验曲线。
- (6) 分析及讨论。

第 2 章 材料的力学性能测定

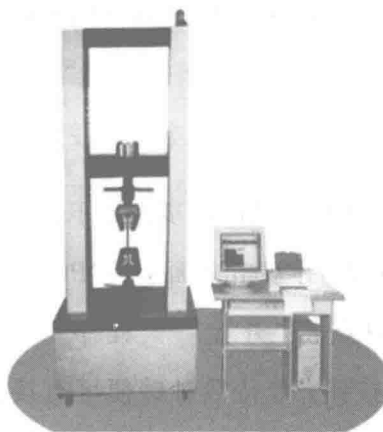
2.1 微机控制电子万能材料试验机

微机控制电子万能材料试验机是电子技术与机械传动相结合的新型试验机。它对载荷、变形、位移的测量及控制有较高的精度和灵敏度。试验机可自动且准确地绘制“力—位移(或时间)”、“力—变形”等曲线,并将实验数据存储于设置的文件。同时,试验机具有等速变形、实验载荷保持等功能,而且可以在力、位移及变形不同控制方式之间平滑转换。

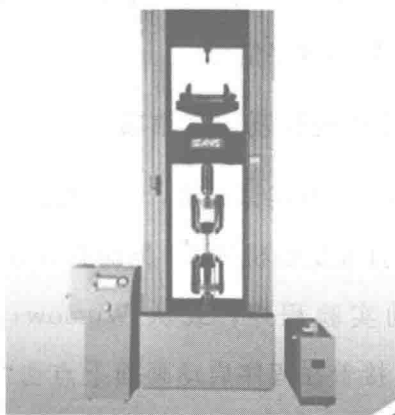
1. 加载系统

加载系统也就是试验机的主机部分,如图 2-1 所示,它由上横梁、丝杠、活动横梁、工作台、伺服电机及传动系统等组成。由上横梁、丝杠与工作台三部分构成一个框架,活动横梁用螺母与丝杠连接。当电机通电转动时经过传动系统使丝杠旋转,活动横梁便可向上向下移动。不同的试验机工作方式和工作空间不太一样,本实验室的 CMT5105 微机控制万能材料试验机如图 2-1(a)所示,其拉伸实验只能在活动横梁和工作台之间,拉伸实验时,安装拉伸夹具,并使横梁向上移动,实现对试件的加载;CMT5205 微机控制万能材料试验机如图 2-1(b)所示,其拉伸和压缩实验分别在上横梁与活动横梁之间和活动横梁与工作台之间两个实验空间进

行。无论是拉伸实验还是压缩实验，活动横梁向上移动即可对被测样品加载。



(a) CMT5105微机控制万能材料试验机



(b) CMT5205微机控制万能材料试验机

图 2-1 微机控制万能材料试验机

2. 控制系统

微机控制电子万能材料试验机的控制系统是一个闭环控制系统。该系统由速度设定单元、速度与位置检测器、伺服放大器和功率放大器等组成。速度设定单元主要是给出与速度相对应的准确模拟电压值或数字量，要求精度高并且稳定可靠，其速度在 $0.05 \sim 500 \text{ mm/min}$ 内可调。速度与位置检测器的作用是检测电动机的转动速度并作为速度反馈信号。伺服放大器对给定信号与速度反馈信号的差值进行放大，进而驱动功率放大器，控制电机按照预定的速度转动。

3. 测量系统

该试验机的测量系统主要用于检测材料承受的负荷大小。试样的变形及试验机活动横梁的移动量负荷监测和试件上的变形测量都是利用电阻应变式传感器和放大器来实现的。电阻应变式传感器是利用电阻应变测量原理，通过粘贴在弹性元

件上的电阻应变片，将负荷和变形等机械量转换为微弱的电信号，经过测量放大器的放大处理变成可测量、可转换的模拟信号，再经 A/D 转换后变成可以显示或供计算机采集的数字信号。

4. 操作规程及注意事项

使用电子万能试验机，以低碳钢压缩实验为例，其操作步骤如下：

(1) 打开试验机开关，同时打开计算机电源，并双击桌面上的“POWERTEST”图标启动实验程序，或从 Windows 菜单中点击“开始”——“程序”——“POWER-TEST”；接着在程序启动画面上点击“联机”按钮，等待数秒钟便可直接进入程序主界面。

(2) 选择“实验员”，输入密码，以实验员身份登录。

(3) 在实验项目菜单里选择本次实验所用的实验项目，实验方案已设定好，只需根据实验的内容选择方案。

(4) 实验方案选定后，“文件名”对话框中自动生成一个文件名，该文件名以当前的系统年月日和时间自动命名，用户可以修改实验名称，实验完成后，系统将自动以修改后的文件名存盘，记录下实验数据。

(5) 根据试件头部的形状和尺寸，选择适当的夹块。

(6) 将试件安装在上夹头内(夹持长度为总长的三分之二)，按夹具上指示方向旋转手柄夹持试件，使夹头夹住试件头部(使试件能晃动为宜，否则下降过程会产生危险)。

(7) 按下“快速下降”按钮，选择适当的速度使活动横梁下降，等试件进入下夹头且到达试件三分之二长度后，停止下降。同(6)一样，按夹具上指示方向夹持试件，同样不能夹紧。

(8) 将软件上面的各项数据清零，将上下夹头夹紧，按控制面板上的“校准”按

钮，系统自动将夹紧试样的初始力清除，看力的数据回到 0 后，按“停机”按钮，停机。

(9) 点击“开始实验”按钮，该按钮位于主界面右侧，也可以点击工具条上的“开始实验”按钮。并注意观察实验现象。试件断裂，自动停机。注意：如果无意中启动了一个没夹试样的实验。或实验过程中出现其他错误，应按“结束实验”按钮或“急停”按钮。

2.2 液压式万能材料试验机

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、冲击试验机等。能兼作拉伸、压缩、弯曲等多种实验的试验机称为万能材料试验机，简称万能机。供静力实验用的普通万能材料试验机，按其传递载荷的原理可分为液压式和机械式两类，现以国产 WE 系列为例，介绍液压式万能机。本实验室所使用的液压万能机有 WE-100、WE-300、WE-600B 等型号，其结构简图如图 2-2 所示。下面分别介绍其加载系统和测力系统。

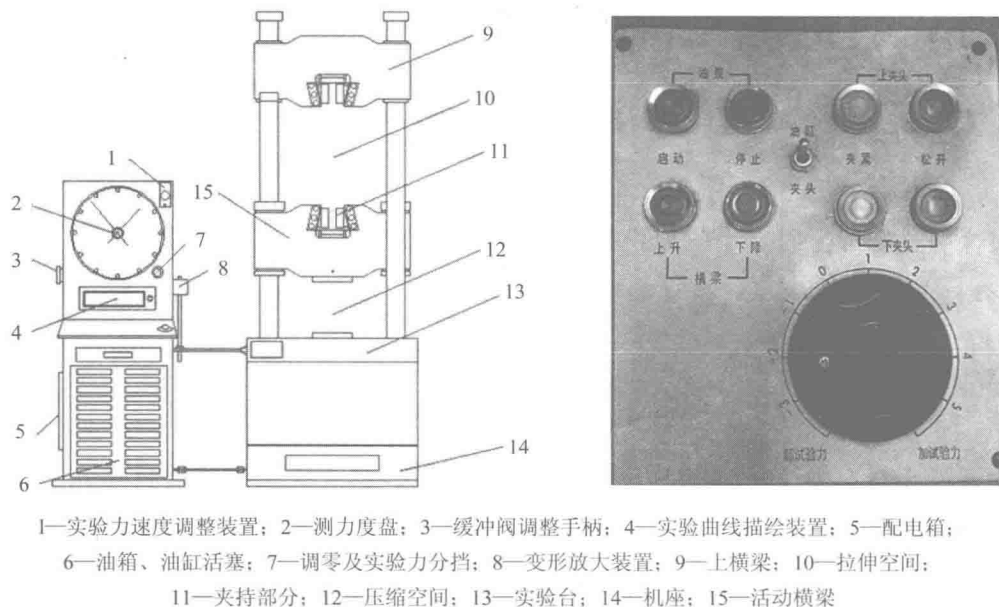


图 2-2 液压万能试验机双空间结构示意图及控制面板图