



河海大学文天学院规划教材

# 材料力学实验

CAI LIAO LI XUE SHI YAN

李杰如 陈倩倩◎编



河海大学出版社  
HOHAI UNIVERSITY PRESS



河海大学文天学院规划教材

# 材料力学实验

CAI LIAO LI XUE SHI YAN

李杰如 陈倩倩◎编



河海大学出版社  
HOHAI UNIVERSITY PRESS

## 内容提要

本书主要根据材料力学课程知识和实验课程设置要求编写,首先强调了开设实验课程的目的和意义,介绍了实验内容和要求,明确了实验规程;其次介绍了实验仪器设备及其性能和操作注意事项,补充了电阻应变电测法的基本原理;再次具体介绍了十二个材料力学实验的目的、原理、方法、操作步骤及实验结果处理;最后为附录,介绍误差分析和数据处理,及一些相关参数。

## 图书在版编目(CIP)数据

材料力学实验 / 李杰如, 陈倩倩编. —南京 :  
河海大学出版社, 2017. 10

ISBN 978-7-5630-5023-9

I. ①材… II. ①李… ②陈… 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(2017)第 221871 号

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| 书 名  | 材料力学实验                                |
| 书 号  | ISBN 978-7-5630-5023-9                |
| 责任编辑 | 成 微 金 怡                               |
| 封面设计 | 黄 煜                                   |
| 出版发行 | 河海大学出版社                               |
| 地 址  | 南京市西康路 1 号(邮编:210098)                 |
| 电 话  | (025)83737852(总编室) (025)83722833(营销部) |
| 经 销  | 江苏省新华发行集团有限公司                         |
| 排 版  | 南京布克文化发展有限公司                          |
| 印 刷  | 南京捷迅印务有限公司                            |
| 开 本  | 787 毫米×960 毫米 1/16                    |
| 印 张  | 6.75                                  |
| 字 数  | 107 千字                                |
| 版 次  | 2017 年 10 月第 1 版                      |
| 印 次  | 2017 年 10 月第 1 次印刷                    |
| 定 价  | 22.00 元                               |

## >> 前言

材料力学是一门实践性很强的课程,为了加深学生对书本理论的认识和理解,提高学生的综合能力,推进素质教育,开设材料力学实验课是完全必要的。

材料力学实验课在材料力学课程的教学和学习中有着重要的作用,它将巩固和加深学生对课堂教学中的理论和概念的理解,对材料和构件的力学性质有一个直观的认识,以便更好地领悟一些力学概念。材料力学实验作为工程测试的入门课程,使学生初步了解工程测试的基本原理和技术手段,对提高学生的思维能力和动手能力都有一定的帮助。

根据有关课程设置的指导意见和许多同类院校设课的情况,结合我院的定位和条件共设置了十二个实验,视课时安排及学生的能力选做七个或八个实验。

全书共分四章,第一章为绪论,强调实验的目的和意义,介绍实验内容和要求,明确实验规程;第二章介绍实验仪器设备及其性能和操作注意事项,介绍电阻应变电测法的基本原理;第三章介绍每个具体实验的目的、原理、方法、操作步骤及实验结果处理;第四章为附录,介绍误差分析和数据处理,及一些相关参数。



我们期望通过实验课,使学生对书本理论有更深刻的理解和认识,并提高他们的动手及综合能力,这是开设实验课的目的。只要大家认真准备,精心操作,我们的目的就一定能达到。

河海大学力学系朱为玄教授对书稿进行了仔细的审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。同时,在编写的过程中,参考和选用了兄弟院校相关教材中的一些内容,谨此声明并致谢。

编者

2017年7月

# >> 目 录

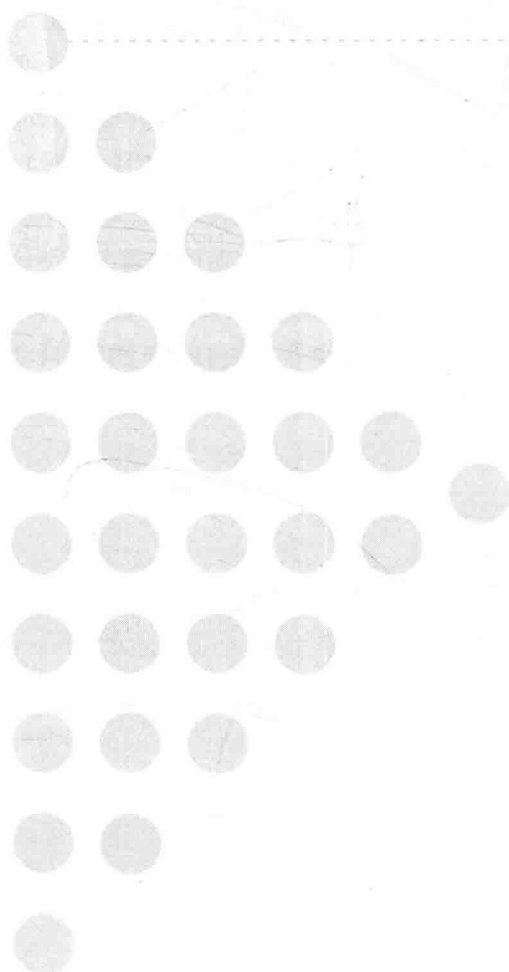
|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....              | 1  |
| 第 1 节 实验的目的和意义 .....               | 3  |
| 第 2 节 实验内容和要求 .....                | 4  |
| 第 3 节 实验规程 .....                   | 5  |
| <br><b>第 2 章 仪器设备介绍</b> .....      | 7  |
| 第 1 节 电子万能试验机 .....                | 9  |
| 第 2 节 液压万能试验机 .....                | 12 |
| 第 3 节 金属扭转试验机 .....                | 15 |
| 第 4 节 XL-2118 型力 & 应变综合参数测试仪 ..... | 18 |
| 第 5 节 XL-3418 型多功能材料力学实验台 .....    | 21 |
| 第 6 节 电测法的基本原理 .....               | 24 |
| <br><b>第 3 章 实验内容</b> .....        | 37 |
| 第 1 节 金属材料拉伸实验 .....               | 39 |
| 第 2 节 金属材料压缩实验 .....               | 47 |
| 第 3 节 金属材料扭转实验 .....               | 50 |
| 第 4 节 梁的弯曲正应力实验 .....              | 54 |

|        |                                    |    |
|--------|------------------------------------|----|
| 第 5 节  | 弹性模量 $E$ 和泊松比 $\mu$ 的测定(电测法) ..... | 57 |
| 第 6 节  | 薄壁圆管的弯扭组合实验 .....                  | 62 |
| 第 7 节  | 剪切模量 $G$ 的测定(电测法) .....            | 67 |
| 第 8 节  | 偏心拉伸实验 .....                       | 70 |
| 第 9 节  | 金属材料冲击实验 .....                     | 74 |
| 第 10 节 | 各向异性材料弹性常数的测定 .....                | 78 |
| 第 11 节 | 压杆稳定实验 .....                       | 81 |
| 第 12 节 | 悬臂梁弯曲实验 .....                      | 85 |

|              |                   |     |
|--------------|-------------------|-----|
| <b>第 4 章</b> | <b>附录</b> .....   | 89  |
| 第 1 节        | 误差分析和数据处理 .....   | 91  |
| 第 2 节        | 常用材料的主要力学性能 ..... | 99  |
| 第 3 节        | 单位换算 .....        | 102 |

## 第 1 章

# 绪 论





## 第1节 实验的目的和意义

学习材料力学的目的,是从理论上分析和计算构件受外力作用时产生的内力和变形,建立强度、刚度和稳定计算的方法。而构件的强度、刚度和稳定性又是和材料的力学性能相关的,这些性能的参数只能通过力学性能参数的测定及分析才能得到;材料力学的理论和原理都是从分析真实材料在外荷载作用下所表现的现象中得出,是以实验为基础的,是建立在材料理想化、公式推导假设化以及构件典型化的基础上的,它们是否正确,能否在实践中应用,以及它们的适用范围只能通过实验的验证才能确定。所以我们学习材料力学应该从理论和实验两个方面着手,研究构件的内力和变形,在此基础上进行强度、刚度和稳定计算,合理选择构件尺寸和材料类别。

随着时代的发展和科学技术的进步,现代工程结构越来越复杂,因构件几何形状的不规则、受力复杂等原因,应力和变形无适用的计算理论,这时用实验应力分析的方法进行应力状态和强度问题的研究,就成为有效的方法。近几十年来,实验应力分析就是用实验分析的方法确定构件在受力情况下应力状态的新兴学科,它用于研究固体力学的基本规律,为发展新理论提供依据,同时又是提高工程设计质量,进行实效分析的重要手段。

## 第2节 实验内容和要求

材料力学实验主要包括三个方面的内容和要求。

### 一、测定材料的力学性能参数

材料的刚度、强度、韧性、硬度等力学性能必须经过力学性能的测试和分析方能得到。材料的力学性能是指在荷载作用下,材料在变形、强度等方面表现出来的一些特性。通过拉伸、压缩、扭转、弯曲、冲击、疲劳等实验,可以测定出材料的弹性模量、强度极限、塑性、冲击韧性及疲劳极限等参数。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,其力学性能参数的测定也是材料力学实验的重要任务。通过对材料力学性能参数的测试,对变形和破坏过程的观察,对破坏断口的分析,使学生对测试的方法和理论有一个基本的掌握,对材料在一定承载条件下产生的某种失效的应力状态有一定的认识。

### 二、验证理论

材料力学的许多理论和公式都是在简化和假设的基础上推导出来的,它们是否正确,只有通过实验才能证明。通过这类实验验证理论和公式的准确性和适用范围,有助于学生加深对理论的理解,把书本理论和实验联系起来,从而对书本知识认识更直观。

### 三、应力分析实验

工程实践中,有些构件因几何形状的不规则、受力复杂、无合适的理论公式分析计算,虽然可以用有限单元法进行数值计算,但仍需实验加以验证。这时用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。随着计算机和电子技术的迅猛发展,实验应力分析的方法正越来越广泛地应用于工程实践,推动理论的发展,解决许多理论上未解决的问题。

通过这类实验,可使学生对工程测试的基本原理和技术方法有一些初步了解,提高他们的思维能力、动手能力和综合能力。

### 第3节 实验规程

#### 一、实验准备

因实验课教学必须依赖仪器设备,因此面对这些陌生的仪器设备,如果不预习相关理论,熟悉有关仪器设备,就无法完成相关试验。因此必须按照各次实验的目的和要求,复习相关的理论知识,预习相关的实验内容,了解实验目的、原理、方法及步骤,了解实验仪器或设备的工作原理、性能及操作方法,了解实验报告编写的要求,设计并准备好实验记录的表格,准备好实验课的教材、文具及纸张。

#### 二、进行实验

按课表时间准时进入实验室,并注意保持室内的整洁和安静。

未经许可不得随意启用仪器和设备。在实验过程中如发现故障或问题,应及时向任课老师报告;如有损坏,要说明原因,如属于违规操作造成损坏的,要追究相关责任。

实验过程中应精心操作,密切观察实验现象,准确记录实验数据。完成实验要求后,应把实验数据的记录表格交老师审核签字,确认后方可结束实验。

实验结束后要及时清理场地,擦拭仪器和设备,使仪器设备恢复到实验前的准备状态。

#### 三、编写实验报告

编写实验报告是实验的重要环节之一,要求每个学生独立完成。

实验报告是对所做实验的总结,是对实验过程中所做、所看、所想的一个综合提炼,因此必须用所学的理论知识指导实验,把实验中获得感性认识上升为理性认识。通过编写实验报告能使自己得到理性的认识和提高。

实验报告应包括下列内容:

(1) 实验名称、实验日期,学生专业、年级、班级、姓名、学号、组别、同组者



姓名:

- (2) 实验目的;
- (3) 实验原理及方法;
- (4) 仪器设备的名称及型号、精度,试件的尺寸及编号;
- (5) 实验数据及处理,包括实测数据、结果计算、结果对比和相关图表;
- (6) 回答相关问题,对实验结果进行分析、讨论或总结。

要求同学能简明扼要地叙述实验目的、实验原理、实验方法,并绘制实验布置或原理简图。回答问题或讨论问题时,要独立思考,用所学理论对实验数据和现象进行分析,要用自己的语言准确有效地描述实验现象,表述自己对实验的认识。编写报告的字迹要端正,页面应整洁,图表要规范。通过编写实验报告,提高自己准确、有效地用文字和图表表达实验过程和结果的能力。

## 第 2 章

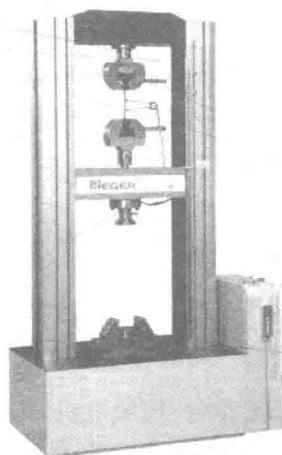
# 仪器设备介绍



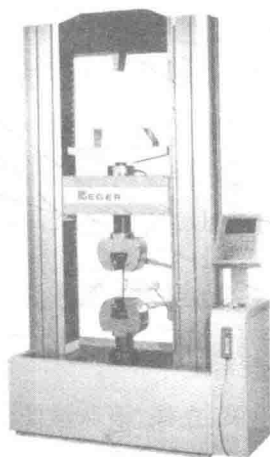


## 第1节 电子万能试验机

材料试验机是测定材料力学性能的设备,常用的有拉力、压力、扭转、冲击、疲劳等试验机,而能兼做拉伸、压缩、剪切、弯曲等试验的试验机称作万能试验机。



(a)RGM-x100



(b)RGM-x300

图 2.1 电子万能试验机

电子万能试验机(如图 2.1 所示)是一种采用电子技术(或计算机)控制的万能试验机,具有准确的加载速度和测力范围,能实现恒速、恒应力和恒应变控制,在配用了计算机后,其操作自动化和程序化的程度更高,更便捷。不仅可以完成拉伸、压缩、剪切、弯曲等常规试验,还能进行荷载和变形的循环、蠕变、松弛、疲劳等静动态力学性能试验。具有测量精度高、加载控制简单、实验范围宽的优点,并且可以全程进行预设和控制。通过后处理技术,还可以直接提供实验分析结果和报告,再现实验数据。



## 一、主要用途及使用范围

测定各种材料在拉伸、压缩、剪切、弯曲等状态下的力学性能及有关物理参数,配备不同的夹具亦可做撕裂、剥离、穿刺等试验。

## 二、主要技术参数(以 RGM-4100 型为例)

- (1) 最大荷载:100 kN;
- (2) 测力范围:400 N~100 kN;
- (3) 试验速度:0.001~500 mm/min;
- (4) 载荷精度:示值的 $\pm 1.0\%$ 以内;
- (5) 速度精度:示值的 $\pm 0.5\%$ 以内;
- (6) 有效拉伸空间:700 mm;
- (7) 有效试验宽度:560 mm。

## 三、主要结构及工作原理

### 1. 加载系统

由上横梁、立柱、滚珠丝杆、活动横梁、夹具、工作台、伺服电机、传动系统及限位保护装置组成。

### 2. 控制系统

由速度设定、速度及位置检测器、伺服放大及功率放大器等组成一个闭环控制系统。速度设定单元主要是给出与速度相对应的模拟电压值或数字量,要求精度高且稳定可靠。速度及位置检测器检测电机转速与位置信号。伺服放大器对速度设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,使电机按给定的速度转动,通过滚珠丝杆推动活动横梁稳定、准确地移动,从而对试件施加荷载。

### 3. 测量系统

荷载、活动横梁的位移和试件的变形是试验机的三个重要信号,荷载信号是由荷载传感器检测,试样变形是由引伸计检测,活动横梁位移是由安装在滚珠丝杆顶端的脉冲编码器检测,这些信号经放大或计数后成数字信号传给计算机。