



工业和信息化普通高等教育
“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等学校规划教材

材料力学 实验实训教程

刘丽红 主编

刘维红 刘红维 刘少洸 李永庆 副主编

21st Century University
Planned Textbooks



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育
“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等学校规划教材

材料力学 实验实训教程

刘丽红 主编

刘维红 刘红维 刘少泷 李永庆 副主编

21st Century University
Planned Textbooks

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

材料力学实验实训教程 / 刘丽红主编. — 北京 :
人民邮电出版社, 2015. 2
21世纪高等学校规划教材
ISBN 978-7-115-38060-9

I. ①材… II. ①刘… 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(2015)第014735号

内 容 提 要

材料力学实验实训是材料力学课程的重要组成部分,是土建类专业学生必备的基本能力训练,也是工程技术人员必须掌握的一项基本技能。

本书内容分为5章:第1章为绪论;第2章为基本实验实训,主要是工程材料的基本力学性能实验;第3章为选择、开放性实验实训,共安排了21个实验内容,包括条件比例极限的测定、冲击实验、硬度实验、振动实验、疲劳实验等;第4章为数据处理和误差分析;第5章附有章实验实训报告,在实际的教学和使用中可以作为参考。

本书适用于土木工程本科专业,也适用于工业与民用建筑、道路桥梁工程技术、铁道工程技术等土建类专业材料力学实验实训课的教学,还可供从事材料性质研究及工程测试的技术人员参考和使用。

-
- ◆ 主 编 刘丽红
 - 副 主 编 刘维红 刘红维 刘少洸 李永庆
 - 责任编辑 邹文波
 - 执行编辑 吴 婷
 - 责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 8.75 2015年2月第1版
 - 字数: 210千字 2015年2月北京第1次印刷
-

定价: 25.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

前 言

为了适应应用性本科的人才培养模式改革和以素质教育为前提、以职业岗位核心技能为导向的课程体系开发,结合应用性本科专业教学资源库的建设,我们编写了这本《材料力学实验实训教程》教材。

材料力学实验实训是材料力学课程的重要组成部分,是土建类专业学生必备的基本能力训练,也是工程技术人员必须掌握的一项基本技能。通过实验实训,使学生掌握材料力学实验的基本问题和基本技能,培养学生的动手能力及综合运用基础理论和实验手段解决工程实际问题的能力。

本书内容分为5章:第1章为绪论;第2章为基本实验实训,主要是工程材料的基本力学性能实验,包括试验机操作练习、材料在轴向拉伸时的力学性能检测、材料在轴向压缩时的力学性能检测、切变模量 G 的测定、材料在扭转时的力学性能检测、简支梁纯弯曲部分正应力测定、简支梁纯弯曲部分挠度测定、测定弹性模量 E 和泊松比 μ 、细长压杆稳定性的测定、主应力实验;第3章为选择、开放性实验实训,共安排了21个实验内容,包括条件比例极限的测定、条件屈服应力 $\sigma_{0.2}$ 的测定、冲击实验、硬度实验、振动实验、疲劳实验、等强度梁正应力测定、电阻应变片敏感系数标定、拉弯组合时内力素的测定、扭转组合时内力素的测定、剪切实验、电阻应变仪操作练习、脆性涂层实验、电测综合性实验、表面残余应力测定、光弹性法测应力集中系数、弹塑性应力与电测法的综合实验、组合实验台的综合实验、真应力应变曲线的测定、平面应变断裂韧度 K_{Ic} 测定、光弹性的演示实验;第4章为数据处理和误差分析,包括统计分析的相关概念、误差的分类、测量量误差的表示法、实验数据的处理、量纲分析和相似理论;第5章附有部分实验实训报告,在实际的教学和使用中可以作为参考。

本书适用于土木工程本科专业,也适用于工业与民用建筑、道路桥梁工程技术、铁道工程技术等土建类专业材料力学实验实训课的教学,还可供从事材料性质研究及工程测试的技术人员参考和使用。

本书由刘丽红担任主编,负责整体结构的设计和全书的统稿、定稿。刘维红、刘红维、刘少泷、李永庆担任副主编。具体编写分工如下:第1章,第2章第6~10节,第3章由刘丽红编写;第2章第1~5节由刘红维编写;第4章第1~3节由刘少泷编写;第4章第4~6节由李永庆编写;第5章由刘维红编写。

由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

刘丽红

2014年12月

目 录

第1章 绪论.....1

- 1.1 概述.....1
- 1.2 实验内容简介.....2
- 1.3 实验时的注意事项.....3
 - 1.3.1 实验前的准备工作.....3
 - 1.3.2 进行实验.....4
 - 1.3.3 实验报告的书写.....4

第2章 基本实验实训.....6

- 2.1 实验实训一 试验机操作练习.....6
 - 2.1.1 试验机的一般介绍.....6
 - 2.1.2 WE-10 型液压摆式万能材料试验机.....6
 - 2.1.3 扭力试验机.....8
 - 2.1.4 试验机操作练习.....12
- 2.2 实验实训二 材料在轴向拉伸时的力学性能检测.....13
 - 2.2.1 实验实训目的.....13
 - 2.2.2 实验实训设备与工具.....13
 - 2.2.3 试件.....13
 - 2.2.4 实验实训原理与方法.....14
 - 2.2.5 实验实训步骤.....16
- 2.3 实验实训三 材料在轴向压缩时的力学性能检测.....17
 - 2.3.1 实验实训目的.....17
 - 2.3.2 实验实训设备与工具.....17
 - 2.3.3 试件.....17
 - 2.3.4 实验实训原理与方法.....17
 - 2.3.5 实验实训步骤.....18
 - 2.3.6 实验实训结果处理.....19
- 2.4 实验实训四 切变模量 G 的测定.....19
 - 2.4.1 实验目的.....19
 - 2.4.2 实验原理.....19
 - 2.4.3 实验设备与工具.....20

- 2.4.4 实验步骤.....20
- 2.5 实验实训五 材料在扭转时的力学性能检测.....21
 - 2.5.1 实验实训目的.....21
 - 2.5.2 实验实训设备及工具.....21
 - 2.5.3 实验实训原理与方法.....21
 - 2.5.4 试件制备.....23
 - 2.5.5 实验实训步骤.....23
- 2.6 实验实训六 简支梁纯弯曲部分正应力测定.....24
 - 2.6.1 实验实训目的.....24
 - 2.6.2 实验实训设备与工具.....24
 - 2.6.3 实验实训原理与方法.....24
 - 2.6.4 实验实训步骤.....25
- 2.7 实验实训七 简支梁纯弯曲部分挠度测定.....25
 - 2.7.1 实验实训目的.....25
 - 2.7.2 实验实训设备与工具.....26
 - 2.7.3 实验实训原理与方法.....26
 - 2.7.4 实验实训步骤.....26
- 2.8 实验实训八 测定弹性模量 E 和泊松比 μ26
 - 2.8.1 实验实训目的.....26
 - 2.8.2 实验实训设备与工具.....27
 - 2.8.3 实验实训原理与方法.....27
 - 2.8.4 实验实训步骤.....28
 - 2.8.5 实验实训结果处理.....28
- 2.9 实验实训九 细长压杆稳定性的测定.....29
 - 2.9.1 实验实训目的.....29
 - 2.9.2 实验实训的设备与工具.....29
 - 2.9.3 实验原理与方法.....29
 - 2.9.4 实验方法与步骤.....31
 - 2.9.5 实验实训注意事项.....31
 - 2.9.6 实验实训预习要求.....31
- 2.10 实验实训十 主应力实验.....31

2.10.1 实验实训目的	31	3.5.5 实验实训结果的处理	46
2.10.2 实验实训设备与工具	32	3.5.6 实验实训注意事项	47
2.10.3 实验实训原理与方法	32	3.6 实验实训六 疲劳实验	47
2.10.4 实验实训步骤	34	3.6.1 实验实训目的	47
2.10.5 实验实训结果处理	34	3.6.2 实验概述	47
2.10.6 实验实训注意事项	34	3.6.3 实验实训设备	47
第3章 选择、开放性实验实训	35	3.6.4 试件	48
3.1 实验实训一 条件比例极限的测定	35	3.6.5 实验实训原理与方法	48
3.1.1 实验实训目的	35	3.6.6 实验实训步骤	49
3.1.2 实验实训设备与工具	35	3.6.7 实验结果的处理	49
3.1.3 实验实训原理与装置	35	3.6.8 实验实训注意事项	50
3.1.4 实验实训步骤	36	3.7 实验实训七 等强度梁正应力测定	50
3.1.5 实验实训结果处理	37	3.7.1 实验实训目的	50
3.2 实验实训二 条件屈服应力 $\sigma_{0.2}$ 的测定	37	3.7.2 实验实训设备与工具	50
3.2.1 实验实训目的	37	3.7.3 实验实训原理与方法	51
3.2.2 实验实训设备与工具	37	3.7.4 实验实训步骤	51
3.2.3 实验实训原理与装置	37	3.7.5 实验实训结果处理	51
3.2.4 实验实训步骤	39	3.8 实验实训八 电阻应变片敏感系数标定	52
3.2.5 试验实训结果与处理	40	3.8.1 实验实训目的	52
3.3 实验实训三 冲击实验	40	3.8.2 实验实训设备与工具	52
3.3.1 实验实训目的	40	3.8.3 实验实训原理与方法	52
3.3.2 实验实训设备	40	3.8.4 实验实训步骤	52
3.3.3 实验实训概述	40	3.8.5 实验实训结果处理	53
3.3.4 实验实训原理	41	3.9 实验实训九 拉弯组合时内力素的测定	53
3.3.5 实验实训步骤	41	3.9.1 实验实训目的	53
3.3.6 实验实训预习要求	42	3.9.2 实验实训设备	53
3.3.7 实验实训报告	43	3.9.3 实验实训原理与装置	53
3.4 实验实训四 硬度实验	43	3.9.4 实验实训步骤	54
3.4.1 实验实训目的	43	3.9.5 实验实训结果处理	54
3.4.2 实验实训设备	43	3.10 实验实训十 扭弯组合时内力素的测定	54
3.4.3 实验实训原理与装置	43	3.10.1 实验实训目的	54
3.4.4 实验实训步骤	45	3.10.2 实验实训设备与工具	54
3.4.5 实验实训结果处理	45	3.10.3 实验实训原理与装置	54
3.5 实验实训五 振动实验	45	3.10.4 实验实训步骤	55
3.5.1 实验实训目的	45	3.10.5 实验实训结果的处理	55
3.5.2 实验实训设备	46	3.11 实验实训十一 剪切实验	55
3.5.3 实验实训原理与装置	46	3.11.1 实验实训目的	55
3.5.4 实验实训步骤	46		

3.11.2 实验实训设备与工具	55	3.17.1 实验实训目的	65
3.11.3 实验实训原理与装置	55	3.17.2 实验实训设备	66
3.11.4 实验实训步骤	56	3.17.3 实验实训概述	66
3.11.5 实验实训结果处理	57	3.17.4 实验实训步骤	66
3.12 实验实训十二 电阻应变仪操作 练习	57	3.17.5 实验实训注意事项	67
3.12.1 实验实训目的	57	3.17.6 实验实训预习要求	67
3.12.2 实验实训设备与工具	57	3.18 实验实训十八 组合实验台的综合 实验	67
3.12.3 实验实训原理与装置	57	3.18.1 实验实训目的	67
3.12.4 实验实训步骤	57	3.18.2 实验实训设备	67
3.12.5 实验实训注意事项	58	3.18.3 实验实训概述	67
3.13 实验实训十三 脆性涂层实验	58	3.18.4 多功能实验台功能	67
3.13.1 实验实训目的	58	3.18.5 实验实训项目说明	68
3.13.2 实验实训设备	58	3.18.6 实验实训步骤	72
3.13.3 实验实训原理与装置	58	3.18.7 实验实训注意事项	72
3.13.4 实验实训步骤	59	3.18.8 实验实训报告	72
3.13.5 实验实训结果处理	59	3.18.9 实验实训预习要求	73
3.13.6 实验实训注意事项	59	3.19 实验实训十九 真应力应变曲线的 测定	73
3.14 实验实训十四 电测综合性实验	59	3.19.1 实验实训目的	73
3.14.1 实验实训目的	59	3.19.2 实验实训设备及工具	73
3.14.2 实验实训概述	60	3.19.3 实验实训原理与装置	73
3.14.3 实验实训基本原理	60	3.19.4 实验实训步骤	75
3.14.4 实验实训步骤	61	3.19.5 实验结果处理	75
3.14.5 实验实训注意事项	62	3.20 实验实训二十 平面应变断裂韧性 K_{Ic} 测定	75
3.15 实验实训十五 表面残余应力测定	62	3.20.1 实验实训目的	75
3.15.1 实验实训目的	62	3.20.2 实验实训设备	75
3.15.2 实验实训设备	62	3.20.3 实验实训原理	76
3.15.3 实验实训原理	62	3.20.4 实验实训步骤	80
3.15.4 实验实训步骤	63	3.20.5 实验实训结果处理	81
3.15.5 实验实训注意事项	63	3.21 实验实训二十一 光弹性的演示 实验	82
3.15.6 实验实训预习要求	63	3.21.1 实验实训目的	82
3.15.7 实验报告	63	3.21.2 实验实训设备	82
3.16 实验实训十六 光弹性法测应力集中 系数	64	3.21.3 实验实训原理与装置	83
3.16.1 实验实训目的	64	3.21.4 实验实训步骤	86
3.16.2 实验实训设备	64	第 4 章 数据处理和误差分析	87
3.16.3 实验实训原理	64	4.1 统计分析的相关概念	87
3.16.4 实验实训步骤	64		
3.17 实验实训十七 弹塑性应力与电测法 的综合实验	65		

4.1.1 偶然因素与随机变量	87	四、实验实训结果分析	109
4.1.2 母体、个体和子样	87	实验实训三 金属扭转实验	110
4.1.3 真值与平均值、中值	88	一、实验实训目的	110
4.1.4 标准差与方差	89	二、实验实训设备与工具	110
4.1.5 正态频率函数	89	三、实验实训原理与方法	110
4.1.6 直线拟合	91	四、实验实训步骤	111
4.2 误差的分类	91	五、实验实训数据记录及其处理	111
4.2.1 系统误差	91	六、实验实训结果分析	112
4.2.2 偶然误差	92	七、实验实训结果讨论和思考	113
4.2.3 过失误差	92	实验实训四 剪切模量 G 的测定	114
4.2.4 相对误差的估计	92	一、实验实训目的	114
4.2.5 准确度、精密度和精确度	93	二、实验实训设备与工具	114
4.3 测量量误差的表示法	93	三、试件	114
4.3.1 误差的分布规律	93	四、实验实训原理和方法	114
4.3.2 误差的表示方法	94	五、实验实训步骤	115
4.3.3 应用举例	95	六、加载方案	115
4.3.4 间接测定误差	96	七、实验实训数据记录及其处理	115
4.4 实验数据的处理	98	八、误差分析	115
4.4.1 有效数据	98	九、思考题	116
4.4.2 数值修约规则	99	十、实验实训感想和建议	116
4.4.3 1 单位修约	99	实验实训五 简支梁纯弯曲部分正	
4.4.4 0.5 及 0.2 单位修约	99	应力测定	117
4.4.5 最终测量结果修约	100	一、实验实训目的	117
4.5 量纲分析和相似理论	100	二、实验实训设备与工具	117
4.5.1 单位和量纲	100	三、实验实训数据记录及其处理	117
4.5.2 量纲分析	101	四、实验实训结果分析	119
4.5.3 相似理论	103	五、实验实训感想和建议	119
第 5 章 实验实训报告	106	实验实训六 简支梁纯弯曲部分挠度	
实验实训一 材料在轴向拉伸时力学		测定	120
性能检测	106	一、实验实训目的	120
一、实验实训目的	106	二、实验实训设备与工具	120
二、实验实训设备与工具	106	三、实验实训数据记录及其处理	120
三、实验实训数据记录及其处理	106	四、实验实训结果分析	121
四、实验实训结果分析	107	五、实验实训感想和建议	121
实验实训二 材料在轴向压缩时的力学		实验实训七 材料的弹性模量 E 和泊	
性能检测	108	松比 μ 测定	122
一、实验实训目的	108	一、实验实训目的	122
二、实验实训设备与工具	108	二、实验实训设备与工具	122
三、实验实训数据记录及其处理	108	三、实验实训步骤	122
		四、实验实训数据记录及其处理	122

五、实验实训结果分析·····	123
六、实验实训感想和建议·····	123
实验实训八 细长压杆稳定性的测定·····	124
一、实验实训目的·····	124
二、实验实训设备与工具·····	124
三、实验实训步骤·····	124
四、实验实训数据记录及其处理·····	124
五、实验实训结果分析·····	126
六、实验实训感想和建议·····	126
实验实训九 主应力实验·····	127
一、实验实训目的·····	127

二、实验实训设备与工具·····	127
三、实验实训原理·····	127
四、实验实训步骤·····	128
五、实验实训数据记录·····	128
六、实验实训数据处理·····	128
七、实验实训结果分析·····	128
八、思考题·····	129
九、实验实训感想和建议·····	129

参考文献·····	130
-----------	-----

第 1 章

绪论

1.1 概述

人类改造世界的重大举措之一，就是进行了一系列重大发明，而实现其的基本前提是科学研究。实验是进行科学研究的基本方法，同时它还可以对新的理论进行验证。实验，对于力学来说，不管对于材料力学，弹性力学，流体力学还是结构动力学都具有特别重要的意义，众所周知，材料力学中的虎克定律就是虎克于 1668 年到 1678 年间作了一系列的弹簧实验之后建立起来的，它不仅是材料力学中描述线性应力应变关系的重要定理之一，也是材料力学的基本定理。工程中使用的固体材料是多种多样的，而且其微观结构和力学性能也各不相同。为了使问题得到解决且不影响实际效果，不仅对研究对象进行简化，而且要求抓住问题的主要方面对其进行抽象，在这样的基础上，就产生了将“真实材料理想化、实际构件典型化、公式推导假设化”的解决问题的方法。而这一切，正是建立在实验的基础之上的，即先通过实验验证才能断定简化是否正确，经过工程应用才能把结论进行推广。在实际中，尤其在解决材料力学的强度、刚度、稳定性等问题时，经常需要事先测定一些表达力学性能的力学常数。这些材料常数只有靠材料实验才能测定。

在学科体系的发展中，材料力学作为工科的专业基础课，在一些高等院校均单独开设，力学性质的材料实验是其重要内容。在实际生活中，有些构件几何形状和载荷都十分复杂，这样要想得到正确的数据，必须借助实验应力分析的手段才能解决。采用应力的方法，对复杂构件进行分析，是一种新的手段。实验应力分析则是一门新兴的学科。材料力学实验适应了材料力学课程发展的需要，它不仅具有自身特色的实验教学环节，而且引入了近代材料力学和实验手段，既提高了学生的动手操作能力，又搭建了学生由学校走向社会的一个平台。通过材料力学实验，学生能掌握测定材料力学性质实验的基本知识，初步掌握验证材料力学理论的基本方法，熟悉常用仪器设备的性能和一般故障的排除。通过了解实验应力分析的基本概念这一教学环节，学生学到测定材料性质实验的基本知识、基本技能和基本方法，熟悉其基本原理。材料力学实验分为基本实验、综合性实验和创新性实验三个阶梯型发展的步骤，逐步提高学生的动手操作能力，使学生养成尊重科学、客观认真、奉献进取的良好习惯，这对培养学生的实际工作能力也是有其重要意义的。

随着生产和生活水平的提高，人们对各种结构和零件有了更新更高的要求，不仅要求质量好，还要求强度高、刚度好和重量轻。这不仅要求理论知识不断丰富，如材料科学、结构分析、材料力学的各种分支快速发展，而且还要求实践知识也不断发展，采用新的实验技术以适应新的要求。

实验是科学工作者进行理论验证和创新的重要手段。当然，科学研究的发展，必须理论和实

践齐头并进,但科学研究必须建立在实验的基础之上。正如笛卡儿所说:“决不可过分地相信自己单单从例证和传统说法中所学到的东西。”如致力于科学研究,就必须学会亲自动手进行实验,从实验中获得结果,才能取得成功。第一个用实验来研究结构材料强度的是达·芬奇。他做过各种不同长度铁丝的强度实验,同时也做过梁的弯曲实验。伽利略用实验方法研究了拉伸、压缩及弯曲现象。以后有人进一步用实验证实了伯努利的梁弯曲平面假设理论的正确性。以后,人们开始进行高温下蠕变实验,与此同时也开始了疲劳实验研究。随着生产的发展,材料力学实验所用的试验机和测量仪器也在不断地革新和发展。

随着科技的发展,新的实验方法和手段不断地涌现;而在材料力学中,采用实验方法进行应力分析就是一个新的和重要的手段,这些实验手段正在逐步被我国高等学校和研究机构所采用。

已如前述,进行工程设计的根本依据之一是从试验中得到材料的力学性质的参数。为了更好地为生产生活服务,我们必须对试件尺寸和实验方法做统一的规定,实行实验标准化,这样实验结果才具有通用性。材料实验标准化是一项十分重要的工作,它不仅包括材料标准化,还包括其他方面的标准化。此外对所用的仪器和试验机,都规定了它们的最大许可范围,超过误差范围的试验是无效的。标准化水平是衡量一个国家生产技术水平和管理水平的尺度,是现代化发展水平的一个重要标志。

认识事物的第一阶段是从理论到实践,进行材料力学这门学科学习也是一样。我们不仅应掌握材料力学理论的基本知识,用理论来指导实践,更重要的是,我们应提高动手能力,通过实践来加深对理论的认识。同时应了解材料力学实验的特殊性,即实验技术、机器设备的操作、现代技术在材料力学实验中的应用以及实验方法等,以培养动手操作能力、观察能力,以及严谨、严肃、认真的精神和良好的科学研究习惯,为将来走向社会奠定良好的基础。

1.2 实验内容简介

材料力学实验包括以下三方面内容。

1. 验证理论性的实验

材料力学中的一些公式都是在简化和假设的基础上(平面假设,材料均匀性、弹性和各向同性假设)推导出来的。事实上,材料的性质既不是完全均匀,又不是完全弹性的,为保证公式的实用价值,就必须通过实验对根据假设推导的公式加以验证,以确定其使用范围。此外对于一些近似解答能否在工程设计中得以应用,其精确度也必须通过实验校核。本书中介绍的梁弯曲实验、压杆稳定实验等均属于这类实验。

2. 材料的机械(力学)性质实验

先通过拉伸、压缩、扭转、冲击、疲劳等实验,测定材料的强度极限、弹性模量、疲劳极限等力学参数。这些参数是设计构件的基本依据。在其基础之上,了解材料的强度、刚度、韧性、硬度等特性,以此建立强度条件。材料的机械(力学)性质实验,要依据国家规范,按照标准化的程序来完成。通过这类实验,既能掌握其测试方法,又可以巩固所学的材料机械性质的知识。

3. 应力分析实验

近年来发展起来的有限元法,经过适当的简化,可以对工程中很多实际构件的受力情况进行分析。但其计算结果的精确性,还需通过实验应力分析进行验证。实验应力分析的方法,应用面很宽,例如,零件设计中的应力集中系数的确定、建筑结构的应力实测等,均用到该方法。本书

将对其中最基本的电测法和光弹性法做较详细的讲述。

1.3 实验时的注意事项

材料在常温、静载荷（指从零缓慢地增加到标定值的载荷）情况下，在强度和变形等方面表现出来的性质，称为材料的力学性能。力学实验主要测量作用在试件上的载荷以及由此引起的试件变形。在材料力学实验中，载荷可以由几吨增加到几十吨，一般载荷要求较大，加载设备也需较大的规格；相反材料变形很小，绝对变形可以小到 0.001mm ，相对变形（应变）可小到 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ ，因而变形测量设备必须精密。在进行实验时，为保证实验的有效性，实验人员一般以组为单位，要由组长统一指挥，组员分工明确，相互配合，对力与变形要同时进行测量。为提高实验的成功率，在实验前、实验中和实验后都应精心准备，且应注意以下几个方面。

1.3.1 实验前的准备工作

首先，理解实验的内容，明确实验的目的，了解实验仪器，掌握实验原理和加深实验步骤，然后准备好所用的试件（或模型）。要了解试件的材料，缺陷程度是否满足要求，试件的尺寸公差、表面粗糙度是否符合要求；这些都要严格进行检查，然后对试件的尺寸进行仔细的测量。先估算应加载荷，草拟加载方案。

此外，根据实验数据记录的需要，设计记录表格。实验时既要保证小组成员个人数据正确，又要注意整体的配合和实验的效率。小组成员既应分工明确，操作时又要互相协调，这样实验才能收效明显。要有统一指挥，以免配合不当，导致整个实验失败。如力和变形的测量，要同时进行，如操作不一致，不仅测出的力不能代表在相应变形下的力，而且测出来的变形也不能代表在相应载荷作用下的变形。总之，实验时应做到互相呼应，彼此协调。参加实验的小组成员可做以下分工。

1. 记录者一人

实验中，记录者对实验整个过程要进行全面客观的记录，尤其是关键点的把握，实验现象的描述等。记录的数据，是对这次实验过程的真实反映，不仅要求客观而且要求准确，记录的好坏不仅影响到实验的成功率还会影响实验是否完整等，因此在实验中起着关键作用。

2. 测变形者一人

负责这项工作的人，在此实验前应尽可能做一次预备实验，进一步了解设备的性能和注意事项，应深入了解仪表的功能，弄清仪表的单位和放大倍数，以免读错；了解仪器常规问题的处理，如发现仪表失常，立即停车检查，同时负有监管仪表受损的责任。

3. 试验机操作者及测力者一人

负责选项工作的人员事先要试车，要注意安全。在实验前要熟悉机器操作规程，实验中要严格遵照规程进行操作，避免人为地减免实验步骤，同时注意实验过程中关键点的控制，如发现试验机异常时应立即停车。要掌握实验内容，理解此次实验仪器和设备的配套选择（在教学实验中，一般要指定实验用的机器和仪器，但对怎样进行选择应当有所了解），如在试件拉伸、剪切、弯曲或扭转中，应需要怎样的载荷、载荷的大小等。实验的目的决定了载荷的性质，而试件（或模型）尺寸和材料决定了实验中载荷的大小。准备工作是前提，准备越充分，实验进行越顺利，成功的可能性越大。

1.3.2 进行实验

在正式开始实验之前,要检查试验机测力盘指针是否对准零点,试件装置是否正确,所用的材料是否准备齐全等。待指导老师检查无误后方可开动机器。第一次加载,可不做记录(不允许重复加载的试验除外),观察各部变化是否正常;如果正常,再正式加载并开始记录。此时,记录者及操作者均需养成科学客观记录数据的习惯,按照实验步骤,全身心地工作进行。实验完毕,要检查数据是否准确、齐全,数据结果是否正确(注意精度要求)。对设备及时清理,对常规问题及时处理,一般故障要及时排除。把使用完毕的仪器放回原处,对产生的实验垃圾及时处理(放到规定地方)。

1.3.3 实验报告的书写

做实验是实验者从理论知识到实践认识的第一次飞跃,而实验报告的书写是实验者从实践认识到理论知识的第二次飞跃,是对知识的重新再认识的过程,是实验者的最终成果,是对此次实验和相关知识的完整总结。

实验报告应当包含下列内容。

- ① 实验名称,同组人员,指导老师,实验班级,实验地点,实验时间及实验条件的描述。
- ② 实验目的,实验原理,实验内容,实验步骤,实验装置及仪器设备(注意精度)及实验耗材的准备。
- ③ 实验数据的记录及处理。在记录纸上绘制的表格内填入测量数据。填表时,要注明测量单位,如 g 或 kg 等。此外,本身的精度和有效数字在仪器测量时还应特别注意。仪器的最小刻度应当代表仪器的精度。也就是说,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。例如,百分表的最小刻度是 0.01mm,其精度即为百分之一毫米。但实际测量时可估计到最小刻度的十分位,例如 0.328mm,其中最后一位数字 8 就是估计出来的,所以该数为三位有效数字。因此,一定要注意数值后面的单位和精度,且全部测量结果的变化情况,均应在表格填写中清楚明了地体现。

在实验时,由于环境条件的差异和所取材料的细小差别,在多次测量同一物理量时,每次所测得的数据并不完全相同,这是因为不仅仪器的精度有限,再加上实验时客观因素复杂,不可避免地就会产生误差。由统计学的知识可知,对于同一物理量,对其进行多次测量,所得的各项数据的算术平均值为最优,也最接近真值。故在材料力学实验中,往往对同一物理量多次测量,并取其算术平均值,用此来作为此物理量的最佳值。

- ④ 计算。在材料力学实验中,应注意有效数字的计算法则,以免计算或记录过多的位数,既不准确又浪费时间。如截面面积 $A=1.32\text{cm} \times 3.24\text{cm}$ 的计算结果,不必写成 4.2768,而写成 $A=4.28\text{cm}^2$ 即可(要求保留两位有效数字)。在一般的材料力学实验中,可选取三位有效数字。

在计算中,所用到的各种公式,必须明确地列出,并注明公式中各种符号所代表的意义和单位。

- ⑤ 结果的示意。在实验中,首先应对测得的数据进行科学客观的记录,整理,并借助数学手段,准确计算实验结果。这些数学手段,常采用图表或曲线来表达。在用曲线表示时,图中应注明坐标轴所代表的物理量和比例尺,尽可能绘在方格纸上,这样既准确又科学。实验的坐标点要用常用的记号进行示意。当连接曲线时,应当根据多数点的所在位置,描绘出光滑的曲线或用最小二乘法或协调法进行计算,选出最佳曲线。根据数据的需求,选择合适的图表进行表达。

⑥ 认真填写实验报告。结合客观情况,对此次实验结果进行分析,提出自己的结论,并在实验报告中有所体现;总结本次实验的优缺点,并对误差加以分析,还要针对老师指定的思考问题,提出自己的见解,尽可能写出实验心得。这既能提高实际操作能力,又有助于对理论知识进行深化理解。

总之,整个实验过程可以分为以下三部分。

第一部分,认真进行实验准备。做好试验机及仪表、工器具和材料的准备工作,复习操作规程,理解实验步骤。实验指导老师要对一般实验的常规问题能及时进行检查,核实和处理,在正式开始实验之前,一般先做一次预备实验,观测试验机和仪表的运行是否正常,总结这次实验可能的注意事项,预测学生在实验中可能出现的问题,并做好应对措施,同时应做好学生实验耗材的准备工作。学生在做实验之前,仪器设备一定要经过老师的检查,按照操作规程和实验步骤进行操作,对于实验中的注意事项要足够重视,要认真细致地进行实验观测。

第二部分,科学实验,准确记录。在正式实验前,最好先施加载荷,观测其现象。发现正常后,再开始测取数据。对实验数据的记录要求客观、完整和准确。要认真仔细地进行观测,实事求是地进行记录和计算,养成科学、严谨的习惯。

第三部分,书写报告。实验报告应按要求规范书写,对于实验目的和要求要明确,理解实验内容和原理,了解仪器设备的工作原理和常见问题的处理。对数据处理的结构要记录完整,严格书写实验步骤,注意操作方法的正确选取,曲线、图表齐全,计算有公式且计算无误(要注意精度),同时对实验记录的数据做出处理,并对实验结果进行讨论和分析,最后进行总结,针对此次实验,在现有的环境下,得到怎样的结果,同时写出实验心得。

做实验,一定要注意实验环境条件(如温度、湿度等)对实验数据的影响,要培养学生养成客观记录实验数据的习惯,同时要注意实验仪器的精度,注意实验误差的分析和校正。在了解仪器的操作规程和掌握实验步骤的前提之下,不违反原则的情况下,还应大胆地进行改革和创新,变验证性实验为创新性实验,提高创新能力和动手操作能力。

第 2 章

基本实验实训

2.1 实验实训一 试验机操作练习

2.1.1 试验机的一般介绍

在材料力学的实验中，最常用的设备是材料试验机，它是对试件（或模型）施加载荷用的。

根据所加载荷性质的不同，试验机可分为静载荷试验机和动载荷试验机两种；根据工作条件，试验机又可划分为常温试验机、高温试验机和低温试验机三种；根据所加载荷的形式不同，试验机又可分为拉力试验机、压力试验机和扭转试验机等。对于同一台机器，如同时兼做拉伸、压缩和弯曲等多种实验，那么就被称为万能试验机。所加载荷的大小，大的由几吨到十几吨，甚至达到几千吨，小的可达 1~2kg。现在所做的材料实验一般是在常温、静载的万能试验机上进行的，也有在拉力试验机或扭转试验机上完成的。

1. 试验机的一般组成

试验机的种类很多，一般有两个基本组成部分。

(1) 加载部分

它是对试件施加载荷的装置，油泵在左边，其他部分主要安装在右边。所谓加载，就是借助一定的动力和传动装置迫使试件发生变形，使试件进而受到力的作用。

(2) 测力部分

它是传递进而显示出所受载荷大小的装置，主要安装在设备的左边。在其左边，还安装了一种自动绘图仪的装置，在实验的过程中，它能自动地绘出试件所受的载荷和变形之间的关系曲线。为保证实验的可靠性，试验机的安装均需满足一定的技术条件，其中一条重要的规定就是，要求试验机载荷的示值误差要在 1% 以内。试验机均有一定的使用期限，到期后要及时进行检定，检定的方法，可按照“材料试验机检定规程”进行。

2. 常用的试验机

常用的试验机有万能试验机和扭力试验机等。

2.1.2 WE-10 型液压摆式万能材料试验机

在材料力学实验中，最常用的是万能材料试验机。它可以做拉伸、压缩、剪切、弯曲等实验，故习惯上称它为万能材料试验机，简称为全能机。全能机有多种类型，下面介绍最常用的万能材料试验机的构造、工作原理及操作规程。

WE-10 型液压摆式万能材料试验机的外形如图 2-1 所示，它的构造示意图如图 2-2 所示。

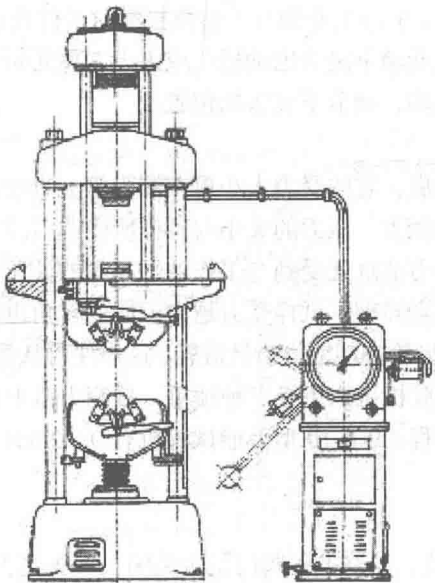


图 2-1 液压摆式万能材料试验机的外形

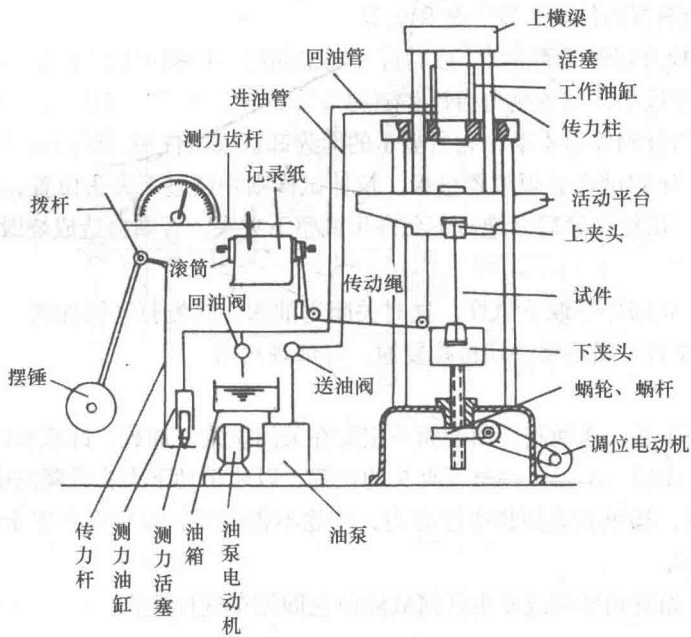


图 2-2 液压摆式万能材料试验机的构造示意图

1. 构造原理

(1) 加力部分

在试验机的底座上，装有两根固定立柱，立柱支撑着固定横梁及工作油缸。当开动油泵电动机后，电动机带动油泵，将油箱里的油，经油管和送油阀送至工作油缸，从而推动其工作活塞、

使上横梁、活动立柱和活动平台向上移动。如将拉伸试样装于上夹头和下夹头内,当活动平台向上移动时,因下夹头不动,而上夹头随着平台向上移动,则试样受到拉伸;如将试样装于平台的承压座即活动台上下垫板之间,平台上升到与上垫板接触时试件就承受压力时,则试样受到压缩。如果拉伸试件的长度不同,可开动下夹头电动机(或人力)使之带动蜗杆、蜗杆再带动蜗轮,蜗轮再带动丝杆使螺旋上、下移动,调节下夹头的位置。

(2) 测力部分

装在试验机上的试样受力后,它的受力大小可在测力盘上直接读出。试样受到载荷的作用,工作油缸内的油就具有一定的压力。压力的大小与试样所受载荷的大小成比例。而测力油管将工作油缸与测力油缸联通,则测力油缸就受到与工作油缸相等的油压。此油压推动测力活塞,带动测力拉杆,使摆杆和摆锤绕支点转动。试样受力越大,摆的转角也越大。摆杆转动时,它上面的推杆便推动水平齿条,从而使齿轮带动测力指针旋转,这样便可从测力盘上读出试样受力的大小。摆锤的重量可以调换,一般试验机可以更换三种锤重,故测力盘上也相应有三种刻度,这三种刻度对应着机器的三种不同的量程。WE-10 型万能试验机有 0~20kN、0~60kN、0~100kN 三种测量量程。

2. 操作步骤

- ① 检查保险开关是否有效;油路上各阀门是否关闭;夹头是否与试件相匹配。
- ② 根据所需的最大载荷,装上相应的锤重,同时选择测力盘。如附有可调整的缓冲器时,应相应地调整好。
- ③ 装好自动绘图器的传动装置、笔和纸等。
- ④ 开启油泵,检查运转是否正常。然后打开油泵阀门,缓慢向油缸输油。待活动台上升 10mm 左右,将送油阀关至最小,调整测力指针和随动指针对准零点。若卸载或试件断裂时,测力指针迅速退回,而随动指针则停留不动,它所显示的即为卸载或试件断裂时的最大载荷值。
- ⑤ 安装试样。压缩试样必须放置垫板。拉伸试样则须调整下夹头位置,使拉伸区间与试样长短相适应。注意:试样夹紧后,绝对不允许再调整下夹头,否则会造成烧毁下夹头电动机的严重事故。
- ⑥ 实验完毕,立即停车取下试样。这时关闭送油阀,缓慢打开回油阀,使油液泄回油箱,活动平台回到原始位置。最后将一切机构复原,并清理机器。

3. 注意事项

- ① 开车前和停车后,送油阀、回油阀一定要在关闭位置。加载、卸载和回油均应缓慢进行。
- ② 拉伸试样夹住后,不得再调整下夹头的位置,以使带动下夹头升降的电动机烧坏。
- ③ 机器运转时,操纵者必须集中注意力,中途不得离开,以免发生安全事故。同时在实验过程中不得触动摆锤。
- ④ 在使用时,如听到异声或发生任何故障应立即停车进行检查。

2.1.3 扭力试验机

扭力试验机是一种可对试样施加扭矩并能指示出扭矩大小,是一种专供扭转试验用的设备。它的类型有好多种,构造也各有不同。但一般由加载和测力两个基本部分组成。下面介绍两种常见的类型。

1. K-50 型扭力试验机

此种试验机采用机械传动加载,用摆式机构测示扭矩。当摆锤重量不同时,有三个测力盘,