

规划教材

理论力学
材料力学
工程力学
弹性力学
结构力学（上册）
结构力学（下册）
工程地质
土木工程概论
土木工程材料
土木工程测量
土木工程图学与BIM
CAD土木工程应用
建筑结构与PKPM 2010
土木工程专业英语
建筑结构选型
土力学（第2版）
基础工程
土力学与基础工程
基础工程解题指导
混凝土结构
钢结构基本原理
钢结构设计
钢-混组合结构基本设计原理
建筑结构抗震
土木工程造价
高层建筑结构设计
工程结构检测与加固
土木工程施工
土木工程项目管理
工程项目管理（第3版）
土木工程试验
地下结构工程
基坑工程
桥梁工程
路基路面工程
隧道工程
ArcGIS 10.2 基础实验教程
摄影测量学基础

★ 材料力学试验教程（第2版）

清华社官方微信号



扫 我 有 惊 喜

ISBN 978-7-302-52942-2



9 787302 529422 >

定价：29.00 元

普通高等教育“十三五”规划教材

土木工程类系列教材

材料力学试验教程

(第2版)

方治华 顾永强 朱云 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了材料力学试验的基础知识、试验内容和试验方法。全书共5章,内容包括材料力学试验常用仪器设备的基本原理和操作方法,电测应力分析的基本原理、方法和工程应用实例,材料力学基本试验项目和扩展性的开放试验项目。本书力图使学生在完成试验的同时扩展相关知识、开阔工程视野、加深对力学问题的理解,为此在基本试验项目之后对相关问题进行了分析讨论;同时,介绍了更多的扩展性试验项目,供有能力的学生在开放试验室自主完成。

本书可以作为试验教材,供开设材料力学课程或单独开设材料力学试验课程的本科院校相关专业学生使用,也可供广大工程技术人员学习和参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

材料力学试验教程/方治华,顾永强,朱云编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2019
(普通高等教育“十三五”规划教材·土木工程类系列教材)
ISBN 978-7-302-52942-2

I. ①材… II. ①方… ②顾… ③朱… 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(2019)第083565号

责任编辑:赵益鹏 秦 娜

封面设计:陈国熙

责任校对:赵丽敏

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市少明印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:7.5 插 页:5 字 数:197千字

版 次:2007年12月第1版 2019年7月第2版 印 次:2019年7月第1次印刷

定 价:29.00元

产品编号:079603-01



前言

Foreword

材料力学试验是材料力学课程的重要组成部分,其教学目的是通过试验加强学生对材料力学理论的理解,培养学生的试验研究能力和仪器操作技能。完成材料力学试验,也有助于提高学生综合处理和研究问题的能力。材料力学试验虽然是材料力学课程的组成部分,但其独立于材料力学理论教学,既有对材料力学理论加深理解的作用,也有培养试验研究能力的作用,因此需要独立的教材。早在2006年,本书编者就编写并出版了《材料力学试验》教材。近年来,计算机的应用使力学测试手段和数据处理能力得到很大提高,试验设备有了快速发展和更新,需要新的配套试验教材以提高材料力学试验教学水平。因此,在原《材料力学试验》教材的基础上,结合近年来研究型、设计型试验教学研究成果,修订编著了本书,并由清华大学出版社出版。目前配套数字化教学资源成为教材出版的一种新趋势,在编写本书时,也配套了数字课程教学资源,学生可以通过扫描二维码观看学习。

本书共分5章。第1章是绪论,介绍材料力学试验的基础知识和对试验课的要求。第2章是材料力学试验主要设备,介绍材料力学试验常用仪器设备的基本原理和操作方法。第3章是电测应力分析原理和设备,介绍电测应力分析的基本原理、电桥接线方法和仪器设备。由于各学校所用仪器设备有所不同,并且近年更新或引进了自动化程度较高的设备,因此本书既介绍传统使用的仪器设备,也介绍了先进的仪器设备,并向学生介绍了几个电测应力分析方法的工程应用实例,以增强学生对电测应力分析方法的工程应用的认识。第4章是材料力学基本试验,立足于满足材料力学多学时教学大纲对试验教学的要求,介绍材料力学基本试验项目。为了使学生在完成试验的同时开阔视野、加深理解、探索问题,每一个试验项目之后还增加了相关问题的分析讨论。第5章是材料力学开放试验,为有条件的学校和学生提供一些扩展性的选做试验,以满足材料力学试验室开放学生自主试验的需要。由于大多数学校材料力学试验不单独设课,在编写时,将本书定位为辅助教材,要求学生在试验课前通过自学相应的内容来准备试验。因此,本书尽量做到通俗易懂、内容精炼;同时为有兴趣和能力的学生准备了足够的扩充知识,通过阅读可以更全面完整地理解材料力学理论知识。

本书在使用过程中不断得到修改和充实,取得很好的效果。在本书修订出版之际,向关心和支持材料力学试验教学改革同行表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中难免存在疏漏和欠妥之处,希望读者提出宝贵意见。随着现代测试技术和测试手段的发展,以及材



料力学课程教学改革的深入,会有更多新的内容出现在材料力学试验教学中,本书将不断地修改完善。

本书由内蒙古科技大学土木工程学院工程力学系方治华、顾永强、朱云合编。全书由方治华负责总体策划和统稿工作。衷心感谢内蒙古科技大学相关部门和领导的支持和帮助。同时,工程力学系全体教师也对本书的编写提出了宝贵的意见,在此一并表示感谢。

作者

2018年9月



目录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 材料的力学性能	3
1.3 误差分析与数据处理	4
1.3.1 误差及误差分析.....	4
1.3.2 试验数据的处理方法.....	6
1.4 材料力学试验课要求	6
第 2 章 材料力学试验主要设备	7
2.1 电子式万能材料试验机	7
2.1.1 工作原理.....	7
2.1.2 操作步骤.....	8
2.2 变形与位移测量仪器	9
2.2.1 引伸仪.....	9
2.2.2 千分表及百分表	11
2.3 扭转试验机.....	12
2.3.1 原理简介	12
2.3.2 试验机操作方法	13
2.4 冲击试验机.....	13
2.5 材料力学综合试验装置.....	15
2.5.1 综合试验装置技术指标	16
2.5.2 综合试验装置试验内容	16
2.5.3 可选配试验项目	19
第 3 章 电测应力分析原理和设备	21
3.1 概述.....	21

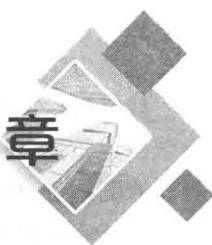
3.2	电阻应变片	22
3.3	测量电路	23
3.3.1	应变电桥	23
3.3.2	温度补偿	24
3.3.3	应变片在电桥中的接线方法	24
3.4	测量电桥的应用	26
3.4.1	应变片串联进行拉伸试验	26
3.4.2	材料弹性模量 E 和泊松比 μ 的测量	27
3.4.3	悬臂梁式变形传感器(电子引伸仪)	28
3.4.4	圆筒式测力传感器	29
3.5	电阻应变仪	31
3.5.1	XL2118A16(U)静态电阻应变仪	31
3.5.2	DH3817 动静态应变信号测试分析系统	37
3.6	电测应力分析的工程实例	42
3.6.1	闭式轧钢机框架力学模型试验研究	42
3.6.2	造船用脚手架的危险点试验分析	43
3.6.3	FRP 混凝土结构力学性能的试验研究	44
第4章	材料力学基本试验	46
4.1	材料在拉伸和压缩时的力学性能测定试验	46
4.1.1	预习要求	46
4.1.2	材料拉伸时的力学性能测定	47
4.1.3	材料压缩时的力学性能测定	50
4.1.4	试验报告	51
4.1.5	相关问题的分析讨论	52
4.2	材料在扭转时的力学性能测定试验	56
4.2.1	预习要求	56
4.2.2	试验目的	56
4.2.3	试验设备及试样	56
4.2.4	试验原理及方法	56
4.2.5	试验报告	58
4.2.6	相关问题的分析讨论	59
4.3	纯弯曲正应力测定试验	61
4.3.1	预习要求	61
4.3.2	试验目的	61
4.3.3	试验设备	61
4.3.4	试验原理及方法	62
4.3.5	试验步骤	62
4.3.6	数据处理及试验报告	63



4.3.7	相关问题的分析讨论	64
4.4	弯扭组合变形主应力测定试验	65
4.4.1	预习要求	66
4.4.2	试验目的	66
4.4.3	试验装置及设备	66
4.4.4	试验原理	66
4.4.5	试验步骤	69
4.4.6	试验报告	70
4.4.7	相关问题的分析讨论	70
4.5	复杂受力杆件综合试验	72
4.5.1	预习要求	73
4.5.2	试验目的	73
4.5.3	试验装置和设备	73
4.5.4	试验原理	74
4.5.5	试验方法和步骤	75
4.5.6	试验数据处理及结果分析	76
4.5.7	相关问题的分析讨论	76
第5章	材料力学开放试验	78
5.1	弯曲变形测定试验	78
5.1.1	预习要求	78
5.1.2	试验目的	78
5.1.3	试验装置和仪器	78
5.1.4	试验原理及方法	79
5.1.5	试验结果处理和试验报告	80
5.2	超静定梁试验	81
5.2.1	预习要求	81
5.2.2	试验目的	81
5.2.3	试验装置和仪器	81
5.2.4	试验原理及方法	81
5.2.5	试验结果处理和试验报告	82
5.3	动荷挠度试验	83
5.3.1	预习要求	83
5.3.2	试验目的	83
5.3.3	试验装置和仪器	83
5.3.4	试验原理	83
5.3.5	试验方法	84
5.3.6	试验结果处理和试验报告	84
5.4	压杆稳定试验	84

5.4.1	预习要求	84
5.4.2	试验目的	85
5.4.3	试验装置和仪器	85
5.4.4	试验原理	85
5.4.5	试验步骤	86
5.4.6	试验结果处理	87
5.5	材料冲击试验	87
5.5.1	预习要求	87
5.5.2	试验目的	87
5.5.3	试验设备和原理	88
5.5.4	试验步骤	88
5.5.5	试验报告和讨论问题	89
5.6	材料疲劳极限测定试验	89
5.6.1	预习要求	89
5.6.2	试验目的	89
5.6.3	试验原理及设备	89
5.6.4	试验试样	90
5.6.5	试验方法	91
5.7	光弹性应力分析试验	91
5.7.1	试验目的	91
5.7.2	试验设备	91
5.7.3	试验试样	93
5.7.4	试验原理	93
5.7.5	试验步骤	96
5.8	电桥应用试验	96
5.8.1	试验目的	96
5.8.2	试验仪器和设备	97
5.8.3	试验原理	97
5.8.4	试验方法	99
5.8.5	试验步骤	100
5.8.6	试验数据处理	101
5.9	偏心拉伸内力素测定试验	101
5.9.1	试验目的	101
5.9.2	试验仪器和设备	101
5.9.3	试验原理	102
5.9.4	试验接桥方法	102
5.9.5	试验步骤	103
5.9.6	试验注意事项	103
5.9.7	试验数据处理	104

5.10 单杆双铰支压杆稳定试验·····	104
5.10.1 试验目的·····	104
5.10.2 试验仪器和设备·····	105
5.10.3 试验原理·····	105
5.10.4 试验方法·····	106
5.10.5 试验步骤·····	106
5.10.6 试验注意事项·····	107
5.10.7 试验数据处理·····	107
参考文献 ·····	108
附录 材料力学试验报告 ·····	109
材料在拉伸和压缩时的力学性能测定试验报告·····	111
材料在扭转时的力学性能测定试验报告·····	113
纯弯曲正应力测定试验报告·····	115
弯扭组合变形主应力测定试验报告·····	117
材料力学综合(研究)试验报告·····	119



绪 论

1.1 概述

在科学研究活动中,除了应用各学科领域的逻辑推理方法进行理论分析,科学试验也是一种重要的研究方法,即通过试验的手段研究自然科学和工程技术领域的内在运动变化规律。科学试验和理论研究是相辅相成的,自然科学的理论要靠试验来验证,新的现象和新的规律要靠试验来发现,工程设计和生产要靠试验来推动和完善;同样,只有借助于理论,试验设计才更能有的放矢,揭示主要矛盾。在设计试验时,可以通过突出某些影响因素,而忽略或消除其他影响因素,为研究复杂自然现象和工程问题提供条件。近代科学技术的发展无一不是把系统的观察和试验与严密的逻辑推理相结合获得的。因此,学习掌握科学试验的原则和方法是培养科学研究素养的重要方面,科学试验也是理解和掌握学科理论的重要手段。在力学领域,试验在力学学科的形成和发展中起到巨大的推动作用。无论是经典力学诞生前著名的伽利略的比萨斜塔自由落体试验,还是当今科技前沿的C919大飞机的风洞试验,都彰显出试验在力学研究和产品设计中的重要地位。

材料力学是研究构件在外力作用下应力、变形和破坏规律的课程。材料力学的任务是通过研究构件的强度、刚度和稳定性,为设计经济、安全的构件提供必要的理论基础和计算方法。要研究构件的强度、刚度和稳定性,就应了解构件所用材料在外力作用下表现出的变形和破坏等方面的规律,即材料的力学性能。而材料的力学性能必须通过试验测定。材料力学理论的形成建立在试验的基础上,通过观察材料在外荷载作用下表现出的变形和破坏规律,经过对材料和构件的理想化假设后,由逻辑推理得到的材料力学理论是否可信,也要由试验加以验证。从材料力学的发展历史来看,材料力学学科的创立与完善建立在大量的科学试验的基础上,关于材料应力应变线性关系的胡克定律就是在经过大量的弹簧试验后提出的。在传统的材料力学理论中,通常假定材料满足连续、均匀、各向同性假设,但实际材料往往具有多样性,使理论方法受到一定的局限,而此时试验研究成为更有效的方法。现代

大量新材料在工程中的应用,也要以系统全面地了解其力学性能为基础。因此,材料力学试验在材料力学学科发展和教学中占有重要的地位。

材料力学试验是材料力学课的重要组成部分,其学时占总学时的10%左右。通过材料力学试验教学,可以学到测定材料力学性能试验的基本原理、基本技能和基本方法,验证材料力学的理论,更深刻地理解材料力学理论;了解试验应力分析的基本概念和方法,学会如何应用试验手段测定应力、应变,并进一步分析复杂受力情况下材料的力学行为;通过这一教学环节,可以系统培养试验能力和仪器操作技能,提高分析问题、解决实际问题的综合素质,以适应国家发展对工程技术人员的要求。

材料力学试验的测试原理和试验方法综合应用了应力分析理论、误差分析、数据处理、电学、光学等基础知识,涉及的知识面较广。材料力学试验的测试内容主要包括受力构件的应力和变形状态的测量,测量方法分为机械测试法、电测法和光测法三种。机械测试法是通过材料试验机加载测力,利用机械式引伸仪测量试样的变形,受力和变形都是通过机械方式放大和读取;电测法主要指电阻应变测试方法,是将构件上一点的变形转化为应变片的电阻改变,通过电学量的放大、处理、分析,得到应力和变形量;光测法是通过光学原理观察模型应力分布情况的方法。当仅需要了解构件某一局部的应力情况时,比较适合用电测法;如需要了解构件的整体应力分布,则以光测法为宜。有时也结合使用几种方法,例如用光测法判定构件应力状况及危险截面位置,再用电测法测出危险截面的局部应力状况。随着科学技术的发展,新的试验手段和测试技术不断涌现,材料力学试验也会得到创新和发展。

材料力学试验包括以下具体内容和试验目的。

1. 材料的力学性能测定

材料的强度指标(如屈服极限、强度极限),弹性指标(如弹性模量、泊松比、弹性极限),塑性指标(如延伸率、断面收缩率等),是评价材料性能的主要依据,它们一般要通过试验来测定。材料的力学性能与试样形状、尺寸、表面加工状况、加载速度、试验环境温度等有关。为了具有可比性,国家标准对此作出了明确规定。同时,在该部分试验时,应用先进的电子万能试验机以及自动记录和分析数据的测试技术,可使学生了解目前材料力学性能测试仪器设备的最新发展,以适应科研、生产的需要,提高操作能力。这方面的试验包括低碳钢和铸铁的轴向拉伸试验、低碳钢和铸铁的轴向压缩试验、低碳钢和铸铁的扭转试验、材料的冲击试验等。

2. 验证理论

材料力学的理论是以假设为基础导出的,用试验验证这些理论的正确性和适用范围,可加深对理论的理解。要求学生学会用试验的方法寻求结论,掌握试验研究的基本方法和特点,能够正确分析试验误差及产生原因。这方面的试验有纯弯曲正应力测定试验、弯曲变形试验、压杆稳定试验等。

3. 试验应力分析

在复杂应力情况下,理论计算有一定困难,用试验直接测定构件的应力是一种非常有效的分析方法。通过试验掌握试验测试技术和数据处理方法,为独立进行复杂的试验设

计和分析打下基础。这方面的试验有弯扭组合变形主应力测定试验、复杂受力杆件综合试验等。

4. 材料力学试验其他方法介绍

随着新材料的发展和材料应用场合的新变化,出现了许多应用传统材料力学理论无法解决的力学问题,试验也成为研究力学问题的主要手段。了解材料力学的其他试验方法对开阔学生视野很有帮助。这方面试验包括光弹性应力分析试验、材料疲劳极限测定试验等。

材料力学试验具有很强的实践性,在学习上要密切联系实际,积极思考,勤于动手。要树立良好的科学态度,严谨的工作作风,应分析试验数据处理结果的合理性,如果发现明显的不合理现象,应查找原因,进行改正。

1.2 材料的力学性能

材料的力学性能一般是指材料在外力作用下在强度、变形方面所表现出的性质,也称为材料的机械性能。力学性能是工程结构材料研究和应用中最关键的问题。首先,力学性能是工程结构设计中最重要的数据和理论依据,是选材、用材的基础;其次,力学性能是新材料能否投入工程应用的决定性因素;此外,力学性能也是进行机械结构失效分析的主要方面。

材料的力学性能与工作环境和荷载有密切的关系,因此材料的力学性能按工作环境温度分为低温、常温和高温力学性能,按加载速度分为静载和动载力学性能。

材料的力学性能与加载方式密切相关。根据荷载的作用方式,可分为静荷载和动荷载。所谓静荷载是指构件在使用时,荷载是缓慢平稳地施加到它上面,并且使用过程中不再改变。在试样上均匀缓慢地加载的试验称为静载试验,测出的力学性能就是静载力学性能。所谓动荷载是指所作用的荷载的大小或方向明显地随时间发生改变,包括冲击荷载和交变荷载等。在试样上作用的荷载是动荷载的试验称为动载试验,测出的力学性能称为动载力学性能。

材料(主要指金属材料)包含以下几种力学性能指标。

(1) 材料在静载拉伸和压缩时表现出的力学性能指标,包括反映材料线弹性范围的比例极限 σ_p , 反映材料弹性范围的弹性极限 σ_e , 反映材料发生塑性屈服的屈服极限 σ_s , 反映材料所能承受的最大拉应力的抗拉强度极限和所能承受的最大压应力的抗压强度极限(统称强度极限 σ_b), 反映材料抵抗弹性变形能力的弹性模量 E 和泊松比 μ , 以及反映材料塑性变形能力的延伸率 δ 和截面收缩率 ψ 。

(2) 材料在静载扭转时表现出的力学性能指标,包括反映材料剪切线弹性范围的剪切比例极限 τ_p , 反映材料发生剪切塑性屈服的剪切屈服极限 τ_s , 反映材料所能承受最大切应力的抗扭强度极限 τ_b , 反映材料抵抗剪切弹性变形能力的剪切弹性模量 G 等。

(3) 其他力学性能指标包括表征材料抗冲击能力的力学性能指标冲击韧性 a_k , 表征材料抗断裂能力的力学性能指标断裂韧性 K_{Ic} , 表征材料在交变应力作用下疲劳强度的力学

性能指标持久极限 σ_r 等。

对于材料力学性能的测定,国家有专门的标准规定了测试力学性能所用试样的形状、尺寸,取样的部位,表面加工状况,测试所用仪器,测试的过程步骤,数据的处理等,如《钢及钢产品 力学性能试验取样位置和试样制备》(GB/T 2975—1998)、《金属材料 拉伸试验 第一部分:室温试验方法》(GB/T 228—2010)、《金属材料 室温压缩试验方法》(GB/T 7314—2005)等,要严格按照标准化的程序进行测试。

1.3 误差分析与数据处理

在试验过程中,要进行大量的数据测量和处理工作。测量就是借助仪器把待测量物理量的大小用某种计量单位表示出来。用仪器设备与待测量物理量进行比较,得出测量结果称为直接测量,由几个直接测量按一定函数关系计算出的待测量称为间接测量。因此,测量包括对各种量的检测和对测量数据的处理两个过程。试验前,要对测量对象进行分析,确定试验方法,选择具有适当精度的测量仪器;试验后,要对测得的数据进行归纳整理,最后用一定的方式表达出来。

在一定的条件下,每个量都是客观存在的数值,称为真值。测量的目的就是要获得待测量的真值。但是在测量过程中,由于各种客观因素和主观方法的影响,测出的结果总与真值有一定差值,这种差值称为误差。

测量误差是试验时必然遇到的问题,在测量过程中只可以减少误差,而不会消灭误差。研究误差产生的原因和规律,可以更有效地在试验中减少误差,提高测量精度。下面具体介绍误差的一些基本知识和数据处理方法。

1.3.1 误差及误差分析

1. 误差的表示方法

测量误差通常用绝对误差和相对误差表示。绝对误差是指测量值与待测量真值之间的差值,简称误差。

$$\text{绝对误差} = \text{测量值} - \text{真值} \quad (1-1)$$

真值是理想的概念,一般不可能确切地知道,因此在实际计量中引入约定真值来代替真值,如国际计量大会决定的长度单位、质量单位、时间单位等。有时也把高一级精度的标准量具的示值作为约定真值。

相对误差是指绝对误差与被测量的真值的比值,因为测量值与真值接近,也常近似用绝对误差与测量值的比值作为相对误差。

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \approx \frac{\text{绝对误差}}{\text{测量值}} \quad (1-2)$$

相对误差通常用百分数(%)表示。误差可能是正值,也可能是负值。

2. 误差的分类和产生原因

按照误差的特点和性质,误差可分为系统误差、随机误差和过失误差三类。

在同一条件下多次测量同一量时,如果误差数值的大小和正、负号保持不变,或按一定规律变化,这种误差称为系统误差。系统误差产生的原因通常包括仪器本身构造上的不完善或未经校准产生的仪器误差;测量方法或试验条件达不到理论要求而产生的方法误差;外界环境(如光照、温度、湿度、电磁场等)对试验的影响而产生的环境误差;观测者个人引起的误差。要消除系统误差,必须找到造成误差的原因,并改进测量方法,仅凭增加试验次数是不能减少或消除系统误差的。

在试验中,由于观察者感官灵敏度和仪器精度有限、周围环境的干扰等偶然因素引起的不可预测的误差称为随机误差或偶然误差。随机误差不能像系统误差那样找出原因加以消除,但随机误差具有统计规律性,在一定条件下,可用增加测量次数的方法减少误差,提高测量精度。

由于操作者操作不规范、试验记录不认真等人为过失造成的测量误差称为过失误差或粗大误差。这种误差数值较大,明显歪曲了测量结果。只要在试验过程中操作者责任心强、注意力集中,就可避免过失误差。同时,在处理数据时,要注意发现并剔除有过失误差的试验数据,从而获得正确的结果。

3. 有效数字及运算法则

测量结果都存在误差,在表达测量结果时,就要考虑用多少位数字表示测量结果。通常用测量结果中可靠的几位数字(计量工具或仪表有刻度或显示的数字)加上一位估计的数字表示测量结果,称为有效数字。一个数值有效数字的多少,往往反映所用仪器的精度和测量方法等具体情况。为了反映数值的精度,在测量和记录数据时,应读完整仪器所能反映的有效数字,即使后面的数是0。

在数字计算时,可能有很多参加运算的量,各量的有效数字也可能不同。为了保证运算的精度,又减少运算量,应遵循一定的运算规则。

对于加、减运算,要求以参与运算的各数中有效数字的最后一位所在位数最高的数为准,其他各数保留到它下面一位进行运算,最后用四舍六入五考虑的方法与该位取齐。如有有效数字后第一位数为5,且5以后非零,则进1;5以后皆为0,且有效数字的末位为偶数,则舍去;若5以后皆为0,且有效数字的末位为奇数,则进1。例如,测量的三个力分别为235.4N、10.367N、891N,求三力之和时,由于三力中891N的最后一位的位数是个位,最高误差在个位,所以其他两数保留到小数点后一位,即235.4和10.4,相加得1136.8,最后应取1137N。

对于乘、除运算,要求以参与的数中有效数字位数最少的一个为准,其他各数保留到比该数的有效数字多一位来进行运算,最后结果取到与该数的位数相同。如计算 $x=AB/C$,而 $A=42.5$, $B=4.167$, $C=0.026$ 。由于C的有效位数只有两位,为最少,故其他两数取三位进行运算,即

$$x = \frac{42.5 \times 4.17}{0.026} = 6.8 \times 10^3$$

对于乘方、开方运算,要求最后结果与底数的有效数字位数相同,如 $(3.285)^2 = 10.79$,
 $\sqrt{3.285} = 1.812$ 。

1.3.2 试验数据的处理方法

在试验过程中和试验完成后,对试验数据的记录、整理和分析是必不可少的工作。通过对试验数据的记录和整理,可以科学地概括测量工作的情况。对试验数据进行全面分析,可以找出所研究问题的规律或结果。应如实记录试验过程中的一切必要数据,为寻找规律提供一手资料。

整理数据是试验研究的一项基本技能,一定要养成细致、严谨的工作作风。试验的目的往往是找出两个量或多个量之间的关系,为了直观地表示这些量之间的关系,常用公式或图表等方式进行表达。具体的数据处理方法有列表法、图示法等。

列表法就是在记录和处理数据时,把数据列成表格。这种记录方法能把测量数据集中展现出来,清楚地反映出有关量的对应关系,便于检查测量结果是否合理,在试验时及时发现问题,也便于及时分析得出结论。

图示法就是把试验测量值按对应关系在坐标纸上描绘出一条光滑的曲线,以清楚地揭示各量之间的相互关系。作图是处理数据常用的基本方法之一,可以把测得的数据结果直观地表达出来,因为图线是依据许多数据点作出的光滑曲线,相当于多次测量后取平均值,所以对测量的数据有修正作用。

除上述两种数据处理方法外,还有其他处理方法,如平均法、最小二乘法等,需要时可以参阅其他书籍。

1.4 材料力学试验课要求

材料力学试验课是非常重要的实践性教学环节。通过试验课,要使学生学会基本的力学量的测量方法,初步掌握试验研究的特点和方法。因此,在材料力学试验中,学生应主动、自觉、创造性地学习和思考,要通过试验去探索研究问题,而不应被动地完成试验。在试验时,要注意观察试验现象,认真细致地记录试验数据。课后认真书写试验报告。

由于材料力学试验具有仪器设备精密贵重,试验试样消耗多、成本高,试验需多人配合操作,试验操作具有一定危险性以及无法自学完成等特点,对参加试验的学生提出如下要求。

(1) 参加试验课的学生必须严格遵守试验守则和试验机操作规程,自觉按照试验分组按时进入试验室上课,否则容易造成设备损坏。不得随意缺课,对无故缺课者,不允许补做,并将该试验成绩记为零分。

(2) 课前要认真预习试验教材,学习相关的试验理论和仪器设备的原理操作方法,并完成预习报告。

(3) 完成试验后,如数据有误,应查找原因并重新测试。指导教师应严格把关,并在试验结束后在试验报告上给出试验操作成绩。

(4) 试验成绩由预习报告、试验操作成绩、试验报告和试验纪律等综合评定。如缺前三项之一者,则该试验成绩评为不及格。

材料力学试验主要设备

2.1 电子式万能材料试验机

万能材料试验机是测定材料力学性能的主要设备,主要用于金属、非金属的拉伸、压缩、弯曲、剪切等力学性能的测定试验。万能材料试验机有机械式、液压式和电子式,电子式万能材料试验机是综合了电测技术、计算机技术、数字控制技术的新型万能材料试验机,是目前主流的材料力学性能测量设备。

电子式万能材料试验机是新一代材料试验机,具有加载平稳、精密,可自动控制、自动测量、自动处理数据的特点。它由主机、驱动系统和控制与数据处理系统组成,主机包括机体和各种辅具;驱动系统包括交流伺服机构、电机、减速器等;控制与数据处理系统包括力、变形、位移传感器以及测量放大器、PC机等。WDW-200 电子式万能材料试验机的结构简图如图 2-1 所示。

2.1.1 工作原理

1. 主机部分

试验机主机部分是由 4 根导向立柱、上横梁、工作台组成的门式框架。PC 机给驱动系统发出指令,启动交流伺服机构、减速器、电机,使其通过滚球丝杠驱动工作台,并带动拉伸(或压缩、弯曲)辅具上下移动,从而实现试样的加载。

2. 信号测量与传递

试验荷载通过与辅具上部连为一体的负荷传感器进行测量,试样变形量通过夹在试样



2-1 液压式万能材料试验机



2-2 电子式万能材料试验机