

普通高等教育“十二五”规划教材

实验力学

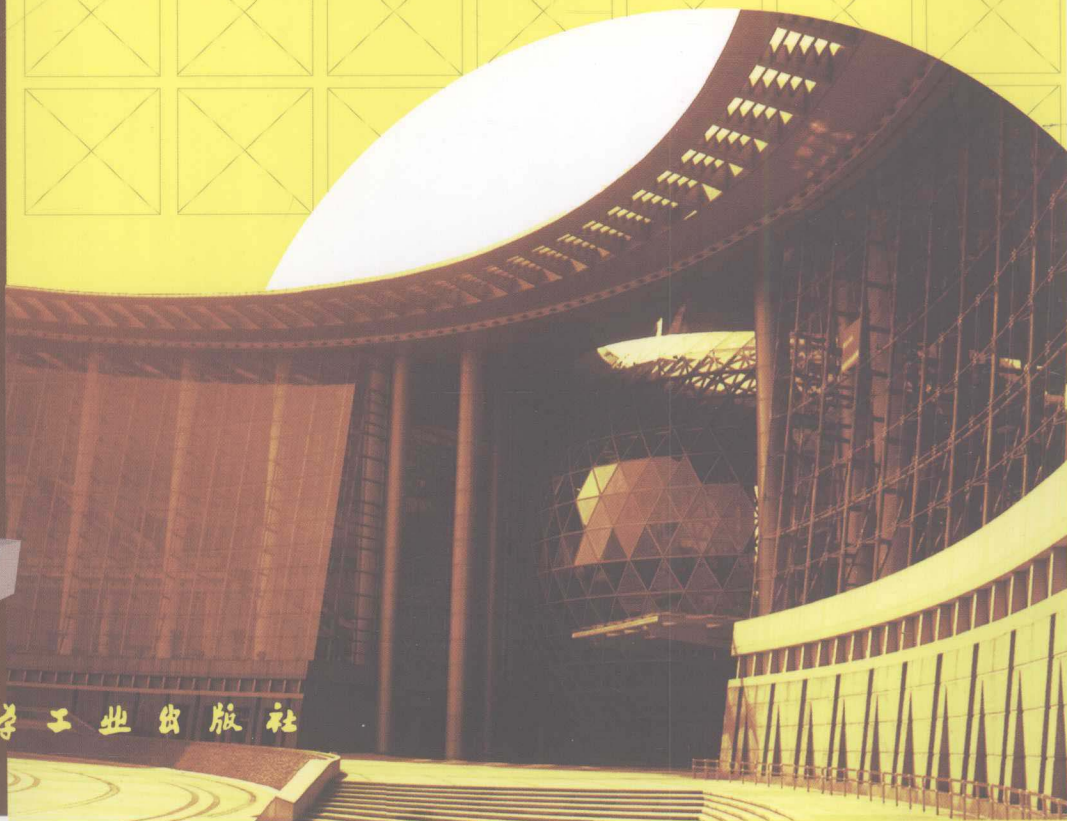
毕杰春 宁宝宽 黄杰 李晓川 编

LIXUE

SHIYAN



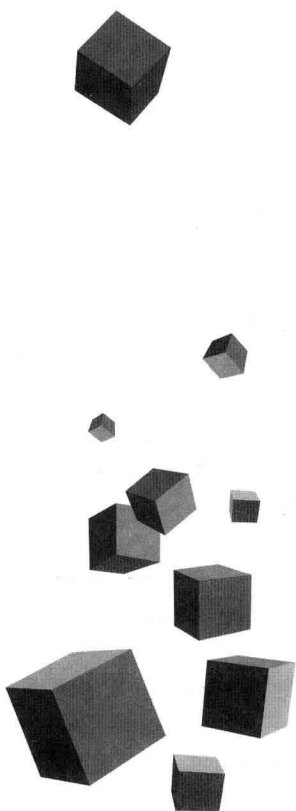
化学工业出版社



普通高等教育“十二五”规划教材

实验力学

毕杰春 宁宝宽 黄杰 李晓川 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

为了适应我国经济社会的发展,突出普通工科高校实践能力强、有创新精神的应用型高级工程技术人才培养目标的需要,本书从实验目的、原理、仪器设备、方法步骤、注意事项、结果整理等方面对所述力学实验进行了深入细致的介绍。本书内容如下:实验力学的概况、实验标准和实验方法;力学性能、电测和光弹性实验设备及其工作原理;基本实验和选做实验;常用实验模型的相似原理和实验结果的误差分析等基础知识。附录为常用材料的主要力学性能参数表和实验力学常用标准规范简介。

本书可作为高校土木、机械、材料、水利以及航空等学科各专业工程力学(理论力学、材料力学等)实验课程教材,也可作为以上各专业独立设课的教材,还可供从事以上专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实验力学/毕杰春,宁宝宽,黄杰,李晓川编. —北京:化学工业出版社,2011.1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-09839-9

I. 实… II. ①毕…②宁…③黄…④李… III. 实验应力分析-高等学校-教材 IV. O348

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第213625号

责任编辑:满悦芝

文字编辑:韩亚南

责任校对:王素芹

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张8¼ 字数203千字 2011年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:16.00元

版权所有 违者必究

前 言

实验是力学课程的重要组成部分，无论是理论的产生、公式的验证还是材料性能的测试等，都离不开实验。力学实验的应用十分广泛，它可以延伸到土木、机械、材料以及航空等各个工程领域，通过实验，学生不仅可以巩固理论知识，还可以熟悉和训练实验技能，培养严肃认真的精神和良好的科学习惯，并逐渐具备独立解决工程实际问题的能力。

随着我国经济社会的发展、就业形式的严峻，实践能力强、有创新精神的应用型高级工程技术人才已经成为普通工科高校人才培养的目标，各个工科高校对实践课程特别是基础实验课“实验力学”愈发重视，无论在课时、教学内容、教学要求上均有较大提高。一本通用性较强的适合普通高校相关专业师生使用的教材，成为必然要求。

根据新阶段普通高校工科专业培养目标的要求，在多年力学实验教学的基础上，我们组织编写了本教材，在教学体系、内容、适用性等几方面做了较深入细致的编写工作。教材从实验目的、原理、仪器设备、方法步骤、注意事项、结果整理等方面对所述力学实验进行了介绍，并提出了要求。

教材主要包括：实验力学概述；主要仪器设备介绍（力学性能测试设备、电测法设备以及光测法设备）；实验内容（基本实验和选做实验）以及相似理论实验和数据处理基础等内容。全书内容既能满足普通高校学生实验力学教学的基本要求，又可以根据学生的专业和能力特点来选做部分实验，突出学生创新能力的培养。

本教材由毕杰春、宁宝宽、黄杰、李晓川共同编写。其中，毕杰春编写了第2、3、4章及第5章部分内容；宁宝宽编写了第1、6章及附录等内容；黄杰、李晓川编写了第5章部分内容；全书由宁宝宽统稿。

由于编者水平有限，书中不妥之处，恳请广大师生和读者批评指正。

编 者
2010 年 11 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 实验力学简介	1
1.2 实验力学的内容	2
1.3 实验力学的试验标准	2
1.4 实验方法	2
1.5 实验报告	3
2 主要仪器设备介绍	4
2.1 WDW-100 微机控制电子万能试验机	4
2.1.1 主要结构及工作原理	4
2.1.2 使用与操作	6
2.1.3 软件使用说明	7
2.2 WAW 系列微机控制电液伺服万能试验机	8
2.2.1 主要结构及工作原理	8
2.2.2 操作规程	10
2.2.3 软件操作方法	10
2.2.4 注意事项	13
2.3 液压式万能材料试验机	14
2.3.1 构造机工作原理	14
2.3.2 操作步骤	15
2.3.3 注意事项	16
2.4 RNJ 系列微机控制电子扭转试验机	16
2.4.1 主要结构及工作原理	16
2.4.2 操作使用	17
2.5 NJ-100B 扭转试验机	22
2.5.1 构造及工作原理	22
2.5.2 操作步骤	24
2.5.3 注意事项	24
2.6 RXJ-300 液晶显示冲击试验机	24
2.6.1 试验机结构和工作原理	25
2.6.2 试验机的操作方法	26
2.6.3 注意事项	27
2.7 XL2118C 力 & 应变综合参数测试仪	27
2.7.1 应变仪的结构和工作设置	28
2.7.2 测量操作	32
2.7.3 注意事项	33
2.8 YJ-25 静态电阻应变仪	34
2.8.1 工作原理	34
2.8.2 操作步骤	35
2.8.3 注意事项	36
2.9 XL2102A 动态电阻应变仪	36
2.9.1 面板说明	36
2.9.2 组成及结构	38
2.9.3 使用方法	38
2.9.4 使用注意事项	39
2.9.5 配套动态应变数据采集分析系统介绍	41
2.10 机械式引伸仪	44
2.10.1 千分表和百分表	44
2.10.2 蝶式引伸仪	44
2.11 ZJY-601 振动教学实验系统	46
2.11.1 仪器的特点	46
2.11.2 ZJY-601 振动教学实验系统组成	46
2.12 XL3418C 材料力学多功能实验装置	46
2.12.1 结构组成	47
2.12.2 实验用途	47
2.12.3 配套仪器	47
2.12.4 教师监控软件简介	49
2.13 等强度梁实验装置	50
2.13.1 构造及工作原理	50
2.13.2 操作步骤	50
2.13.3 注意事项	51
2.14 弯扭组合实验装置	51
2.14.1 构造及工作原理	51
2.14.2 操作步骤	52
2.14.3 注意事项	52

3 电测和光弹性实验方法	53
3.1 电测实验方法	53
3.1.1 电测法的概述	53
3.1.2 电阻应变片	54
3.1.3 电桥基本特性	56
3.1.4 温度补偿	57
3.1.5 应变片在电桥中的接线方法	57
3.2 平面光弹性原理	58
3.2.1 概述	58
3.2.2 平面光弹性应力定律	59
3.2.3 平面正交偏振光场装置——获得等倾线和等差线	59
3.2.4 圆偏振光装置——消除等倾线	61
3.2.5 非整数条纹级数的确定——旋转检偏镜法	63
4 基本实验部分	65
4.1 拉伸试验	65
4.1.1 实验目的	65
4.1.2 实验设备和仪器	65
4.1.3 实验试样	65
4.1.4 实验原理与方法	66
4.1.5 实验步骤	67
4.1.6 实验数据的记录与计算	68
4.1.7 实验报告	69
4.1.8 注意事项	69
4.2 压缩试验	69
4.2.1 实验目的	69
4.2.2 实验设备和仪器	69
4.2.3 实验试样	69
4.2.4 实验原理与方法	70
4.2.5 实验步骤	70
4.2.6 实验数据的记录与计算	71
4.2.7 实验报告	71
4.3 扭转试验	71
4.3.1 实验目的	71
4.3.2 实验设备和仪器	72
4.3.3 实验试样	72
4.3.4 实验原理与方法	72
4.3.5 实验步骤	74
4.3.6 实验数据记录与计算	74
4.3.7 实验报告	75
4.4 电阻应变仪桥路练习实验	75
4.4.1 实验目的	75
4.4.2 实验仪器设备和工具	75
4.4.3 实验原理与方法	75
4.4.4 实验步骤	75
4.4.5 实验数据记录与计算	75
4.4.6 实验报告	76
4.5 等强度梁材料弹性模量 E 、泊松比 μ 测定实验	76
4.5.1 实验目的	76
4.5.2 实验仪器设备和工具	76
4.5.3 实验原理与方法	76
4.5.4 实验步骤	77
4.5.5 实验结果处理	77
4.6 拉伸梁材料弹性模量 E 、泊松比 μ 测定实验	78
4.6.1 实验目的	78
4.6.2 实验设备和仪器	78
4.6.3 实验原理	78
4.6.4 实验步骤	79
4.6.5 实验记录及结果处理	79
4.6.6 注意事项	80
4.7 矩形截面梁的纯弯曲试验	80
4.7.1 实验目的	80
4.7.2 实验设备和仪器	80
4.7.3 实验原理与方法	80
4.7.4 实验步骤	81
4.7.5 实验数据的记录与结果处理	81
4.7.6 实验报告	82
4.7.7 注意事项	82
4.8 薄壁圆筒在弯扭组合变形下的主应力测定实验	82
4.8.1 实验目的	82
4.8.2 实验设备和仪器	82
4.8.3 实验原理与方法	82
4.8.4 实验步骤	84
4.8.5 实验结果处理和分析	84
4.8.6 实验报告	86

5 力学选做实验	87
5.1 电阻应变片的粘贴与焊接技术实验和 灵敏系数标定实验	87
5.1.1 实验目的	87
5.1.2 实验设备和仪器	87
5.1.3 实验试样及实验装置	87
5.1.4 实验内容和要求	88
5.1.5 实验报告	90
5.2 强迫振动的振幅和频率光测实验	90
5.2.1 实验目的	90
5.2.2 实验设备和仪器	90
5.2.3 实验原理与方法	92
5.2.4 实验报告	92
5.3 光弹性演示实验	93
5.3.1 实验目的	93
5.3.2 实验设备	93
5.3.3 实验原理	93
5.3.4 实验步骤	96
5.3.5 实验内容	97
5.4 冲击试验	97
5.4.1 实验目的	97
5.4.2 实验设备和仪器	97
5.4.3 实验试样	97
5.4.4 实验原理与方法	98
5.4.5 实验步骤	98
5.4.6 实验数据的处理与分析	99
5.5 剪切试验	100
5.5.1 实验目的	100
5.5.2 实验设备和仪器	100
5.5.3 实验试样	100
5.5.4 实验原理与方法	100
5.5.5 实验步骤	100
5.5.6 实验数据记录与计算	100
5.6 电阻应变片横向效应系数测定实验	101
5.6.1 实验目的	101
5.6.2 实验设备和仪器	101
5.6.3 实验原理	101
5.6.4 实验步骤	102
5.6.5 实验结果处理	102
5.7 压杆稳定实验	102
5.7.1 实验目的	102
5.7.2 实验设备和仪器	102
5.7.3 实验原理	102
5.7.4 实验步骤	103
5.7.5 实验数据记录与计算	103
5.8 复合梁实验	104
5.8.1 实验目的	104
5.8.2 实验设备和仪器	104
5.8.3 实验原理	104
5.8.4 实验步骤	104
5.8.5 实验数据记录	105
5.9 简谐振动幅值测量	105
5.9.1 实验目的	105
5.9.2 实验仪器及装置	105
5.9.3 实验原理	106
5.9.4 实验步骤	107
5.9.5 实验结果和分析	107
5.10 单自由度系统模型参数的测试	107
5.10.1 实验目的	107
5.10.2 实验仪器	107
5.10.3 实验原理	107
5.10.4 实验步骤	108
5.10.5 实验结果和分析	108
5.11 用双踪示波比较法测量简谐振动的 频率	108
5.11.1 实验目的	108
5.11.2 实验仪器	109
5.11.3 实验原理	109
5.11.4 实验步骤	109
5.11.5 实验结果和分析	110
6 相似理论和误差分析基础	111
6.1 模型实验概述	111
6.2 相似基本理论	111
6.2.1 现象相似	111
6.2.2 现象相似与物理量相似的关系	112
6.2.3 相似三定理	113

6.2.4 量纲分析	113	6.3.2 误差的表示方法	115
6.3 试验数据统计分析	114	6.3.3 误差的传递	116
6.3.1 测量误差（系统、随机、 过失）	114	6.3.4 试验数据的表示方法	117

附录	119		
附录 1 常用材料的主要力学性能	119	附录 2 实验力学常用标准规范	119
参考文献	121		

1 绪 论

1.1 实验力学简介

实验是进行科学研究的重要方法,科学史上许多重大发明都是依靠科学实验而得到的,许多新理论的建立也要靠实验来验证。例如,早在17世纪著名的胡克定律就是通过实验而得到的关于作用力与材料性质基本规律的总结。材料力学理论首先就是对研究对象进行一系列的实验,然后根据实验中的有关现象,进行真实材料理想化、实际构件典型化、公式推导假设化的简化,从而得出相应的结论和定律。至于这些结论和定律是否正确以及能否在工程中进行应用,仍然需要通过实验验证才能断定。如在解决工程设计中的强度、刚度和稳定性等问题,首先要知道材料的力学性能和表达力学性能的材料常数,这些常数只有靠材料试验才能测定。

在常温静载下,各种金属材料表现出不同的力学性能。按照力学性能的不同,可以将材料分成两类:一类是塑性材料;另一类是脆性材料。两者的区别在于直到最终断裂之前积累发生塑性变形的大小不同。材料内部的受力、变形等各力学量,一般都随着外力的增大而增大。当构件内的应力达到一定的大小时,材料将发生破坏,即构件发生过大的塑性铰或脆性断裂。除了某些铸造成形的金属材料(如灰铸铁)外,绝大多数工程金属材料不属于塑性材料。某些塑性材料在特定加载方式下,甚至不发生断裂现象。材料抵抗外力作用而不发生破坏的能力,称为材料的强度。金属材料强度的测定常采用“实验力学”的方法。

此外,在某些情况下,工程中构件的几何形状和所受载荷都十分复杂,工程构件承受外力作用时,其材料内部将产生相应的力学响应。相邻的质点间将出现内力的相互作用,构件将发生变形。材料这种受力和变形的程度可以引用相应的力学量来描述。如杆件横截面内力,拉杆的伸长量,一点处的应力、应变,以及某些量对时间的变化率(如应变率,描述受力变形综合效应的变形能)等。这些量按各自的分布规律,在构件内形成相应的应力场。应力场的某些量值需要用实验力学的理论和方法来测定。

目前,实验力学的发展相当迅速,其中对其它学科最新成就的吸收和应用是实验力学蓬勃发展的主要因素。广度和深度发展方面,电测法中各种类型传感器及量测、记录、分析仪器日新月异;光测法中激光干涉计量术的引进,促进了全息光弹性法、激光干涉法、激光散斑法等崭新的量测技术的出现。实验装备的发展方面,自动化电子计算机的应用,实现了实验过程的程序控制、实验数据的自动采集和实时处理,提高了实验精度,缩短了实验周期。由于实验力学具有适应于各种状态量测的能力,因此在固体力学各个分支诸如弹塑性力学、断裂力学、疲劳力学、爆炸力学、结构动力学及复合材料力学中得到广泛的应用。但是实验力学还处在发展阶段,所以,应积极吸收新技术(如光导、激光量测系统,液体金属传感元件等),大力推进仪器设备和量测技术的自动化程度和进程,改进传感器性能,研制新的模

型材料,探讨计算与实验相结合进行力学分析的途径,使实验力学在固体力学的理论研究和工程实际应用中发挥更大的作用。此外,随着计算机及有限元分析和其它数值模拟实验等分析方法的应用,实验力学正朝着实验与计算相结合、物理模型与数学模型相结合的方向发展。

1.2 实验力学的内容

实验力学的内容主要有以下 3 个方面。

(1) 材料力学性能实验

材料力学公式只能算出在载荷作用下的构件内应力的大小。为了建立其相应的强度条件则必须了解材料的强度、刚度、弹性等特性,这就需要通过拉伸、压缩和扭转、冲击、疲劳、断裂韧性测定等试验来测定材料的屈服极限、强度极限、弹性模量、持久极限等反映材料某些力学性能的参数。这些参数是设计构件的基本依据。但是,同一种材料用不同的实验方法,测得的数据可能会有明显差异。因此,为了正确地取得这些数据,实验时就必须依据相关规范,按照标准化的程序来进行。

(2) 应力、应变、内力和变形的测试分析

某些构件,由于几何形状复杂、受力状态复杂或边界条件较难确定,理论求解比较困难,这时可采用电测法、光测法和应用各种力、力矩、位移传感器及仪表进行应力、应变、内力和变形的测量,并进行实验应力分析。

(3) 验证理论公式

前面已指出,理论公式是否正确必须由实验来检验。这部分的实验用于验证已建立的材料力学理论公式,如梁的弯曲应力、压杆稳定等。

1.3 实验力学的试验标准

材料的力学性能是材料的固有属性,不同的材料具有不同的力学性能。由实验可知,材料的力学性能,如屈服极限、强度极限、疲劳极限和冲击吸收功等,除了与材料本身有关外,还与加载速度、试件几何形状、表面粗糙度、周围环境的温度和湿度有关。因此,在进行工程材料力学性能的测试时,必须做出有关的规定,以便统一试验标准,使测试结果具有可比性。这些规定在我国被称为国家标准(GB)或部标(JB、YB等)。其它国家也有各自的试验标准,如美国的 ASTM。在国际间进行仲裁时,以国际标准进行试验,代号为 ISO。本节所用实验力学常用标准规范见附录 2。

1.4 实验方法

在常温、静载条件下的材料力学实验中,所涉及的物理量主要是作用在试件上的载荷和试件的变形。在进行实验时,力与变形往往要同时测量,一般需要 3~5 人协调进行,否则,就不能有效地完成实验。

实验时应注意以下几方面的问题。

(1) 实验前的准备工作

首先，应明确实验的目的、原理和步骤。了解所用机器及测量仪表的构造和使用方法。然后选定试样，估算最大载荷并拟定加载方案等。

(2) 工作原理

实验小组成员应分工明确，操作要相互协调。实验小组成员一般可按如下分工。

① 记录者（1人）。应是负责实验的总指挥，他的任务不仅仅是记录实验数据，更重要的是要及时地分析数据的好坏并保证实验的完整。

② 测变形者（1~2人）。担任这项工作的成员，应深入了解仪表的性能，特别要弄清其操作规程、单位、放大倍数和测读方法，以免读错。此外，还应负责保护仪表。

③ 试验机操作者及测力者（1~2人）。分工负责这项工作的成员在实验前必须着重阅读机器的操作规程和注意事项。实验时严格遵照规程进行操作并正确读取载荷数据。此外，还应负责机器和人身的安全。

(3) 实验的进行过程

在正式实验前，先要检查试验机器的测力度盘指针是否对准零点，变形测试仪是否安装稳妥。然后进行一次试加载，可不进行记录（不允许重复加载的实验除外），观察各部分情况是否正常，如正常，再正式加载实验并进行记录。实验完毕，应检查数据是否齐全，交指导教师签字后，切断电源，清理设备，把使用的仪器归还原处，方可离开实验室。

1.5 实验报告

实验报告就是对所做的实验进行综合的报告。它包括实验的目的、原理、方法和步骤，所用的仪器设备名称、型号、有关的性能指标、精度，实验的记录、结果的分析与计算，以及对实验中出现的讨论研究等，以便从中发现新的东西。对于科研实验报告，它是存档和进行交流的重要资料。对于学习者而言，实验报告则是在完成实验的基础上，记录实验、总结分析实验的过程。它可以培养实验者的文字及图表表达能力、对实验结果进行分析的能力，从而提高实验者撰写实验报告的水平。此外，对某些综合性、创新性实验，对实验结果的分析 and 总结要更加细致严谨，从而得到预期成果。

2

主要仪器设备介绍

2.1 WDW-100 微机控制电子万能试验机

WDW-100 微机控制电子万能试验机外形如图 2-1 所示, 该试验机主要适用于金属或非金属材料的拉伸、压缩、弯曲、剪切等试验。通过德国 DOLI 公司的 EDC100 数字控制器控制试验机, 也可以通过计算机控制 EDC100 数字控制器, 再控制试验机, 自动完成试验全过程。可以绘制应力-应变、应力-位移、力-变形、力-时间等曲线并能自动存储试验数据及打印试验报告。试验机还具有等速试验力、等速变形、试验力保持等功能。试验机具有试验力、位移、变形三种控制方式, 且可实现三种控制方式之间的平滑转换。符合 GB/T 16491—2008《电子式万能试验机》的有关要求。

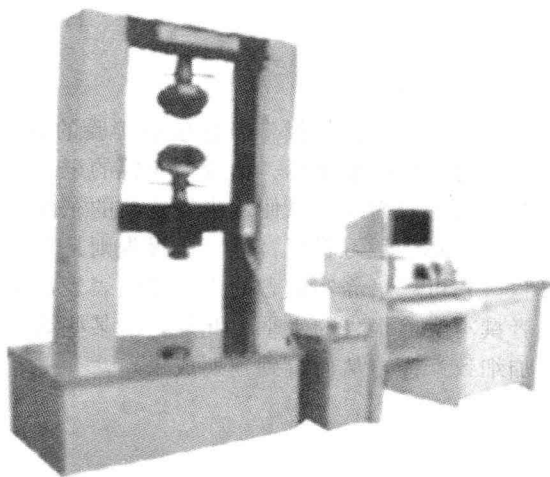


图 2-1 WDW-100 微机控制电子万能试验机外形

2.1.1 主要结构及工作原理

WDW-100 微机控制电子万能试验机主要由主机、电控系统、计算机及打印机组成。试验机总布置如图 2-2 所示。

(1) 主机

试验机主机主要由门式框架、试验附件、传动系统、传感器、行程保护装置等组成。如图 2-3 所示。

① 门式框架由上横梁、移动横梁、支撑架及工作台等组成。各部件采用整体结构形式, 具有刚度高、体积小等特点。试验空间为双空间: 上空间 (即拉伸空间) 及下空间 (即压缩空间)。当移动横梁下降时即对试样施加了试验力。由于采用了双空间结构, 使得整机的结构更加合理, 传感器的受力方向一致, 方便用户对传感器的标定。

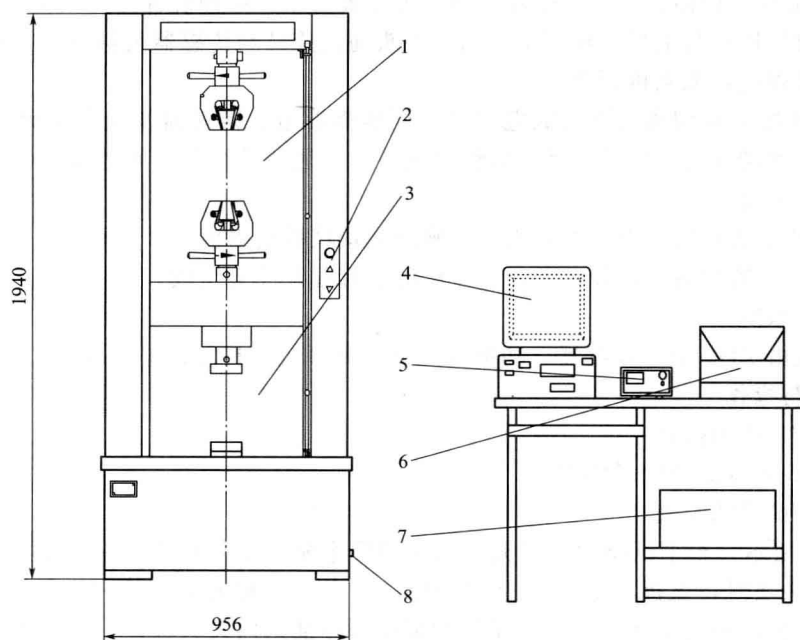


图 2-2 WDW-100 微机控制电子万能试验机总布置图

- 1—拉伸空间；2—手柄；3—压缩空间；4—计算机；
5—EDC 控制器；6—打印机；7—功率放大器；8—插座板

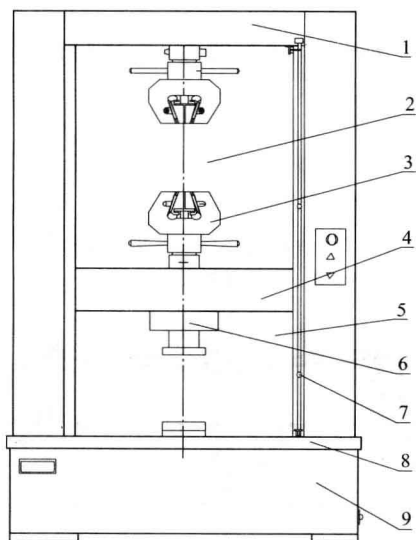


图 2-3 试验机主机

- 1—上横梁；2—拉伸试验空间；3—拉伸夹头；4—移动横梁；5—压缩试验空间；6—负荷传感器；7—行程保护装置；8—工作台；9—传动系统（施力系统）

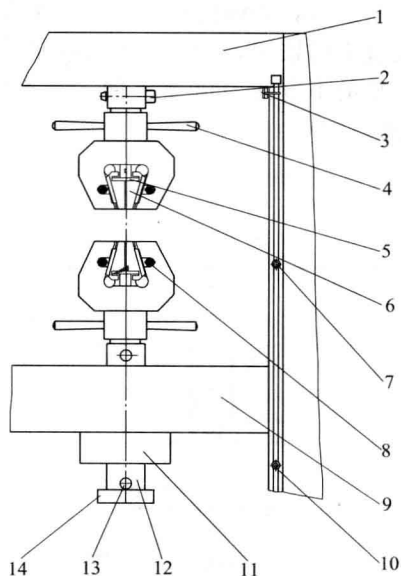


图 2-4 拉伸夹具

- 1—上横梁；2—夹头穿销；3—行程开关；4—夹具手柄；5—托板；6—夹头块；7—上限位环；8—定位螺钉；9—移动横梁；10—下限位环；11—负荷传感器；12—锁紧螺母；13—紧定螺钉；14—上压板

② 试验附件由拉伸、压缩、弯曲、剪切等装置组成。拉伸装置由上夹头及下夹头组成。

上夹头通过连杆与上横梁相连接，而下夹头通过连杆与传感器及移动横梁相连接。机器出厂时连杆已固定，无须再调整。

③ 传动系统由宽调速直流伺服电动机、同步齿形带、减速器及光电编码器等组成。宽调速直流伺服电动机具有恒转矩及良好的低速特性，通过反馈信号光电编码器使移动横梁获得稳定的试验速度。

④ 传感器安装在移动横梁上，用于准确地测量试验的力值。

⑤ 行程保护装置由行程杆，上、下限位环和行程开关等组成。

(2) 电控系统

电控系统由 EDC 数字控制器、功率放大器、计算机及打印机等组成。

2.1.2 使用与操作

(1) 电控系统的操作

详见 EDC 控制器使用说明书。

(2) 拉伸试样的装夹

如图 2-4 所示，根据试验中试样夹持部分的尺寸选择夹头块型号（夹头块上刻有夹持范围）。安装夹头块时，先拆下夹头体上的挡板，将夹头块装入夹头体内，然后再装上挡板。旋转夹头体手柄，使夹头块张开。把试样的夹持部分插入两夹头块中，注意使试样的夹持部分在夹头块全长的 80%~100% 范围内。夹头体上箭头方向为试样的夹紧方向，夹紧试样时，按箭头方向旋转手柄，夹紧试样，并将托板压紧到夹头块上，使试样稍有预紧；否则，易使托板在拉伸过程中因受力而损坏。调整横梁位置，用同样方法夹紧试样的另一端。根据试验要求安装引伸计。

调整移动横梁位置时，可使用带有面板的控制手柄，手柄上的箭头方向为横梁移动的方向，顺时针旋转手柄按钮时，横梁速度逐渐增大；反之，横梁速度逐渐减少。还可以使用控制器面板上的按钮，操作方法与控制手柄相同。

主机的下空间为压缩空间，试样的压缩、弯曲、剪切等试验即在此空间进行。如图 2-5~图 2-7 所示。

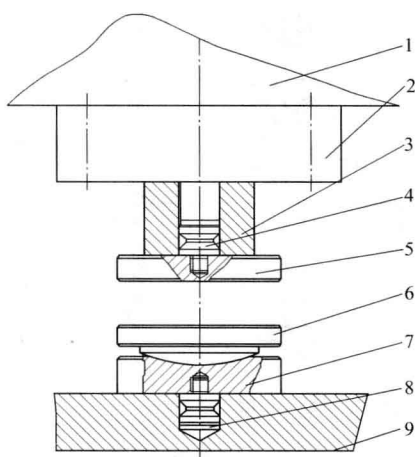


图 2-5 压缩试验装置

- 1—移动横梁；2—负荷传感器；3—锁紧螺母；
4,8—定位螺钉；5—上压板；6—球面压板；
7—球面座；9—工作台

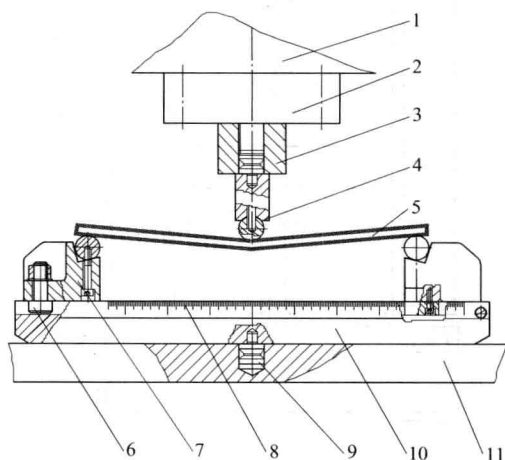


图 2-6 弯曲试验装置

- 1—移动横梁；2—负荷传感器；3—锁紧螺母；4—弯曲压滚；5—弯曲试样；6—压滚螺钉；7—压滚座；8—刻度尺；9—定位螺钉；10—弯曲试台；11—工作台

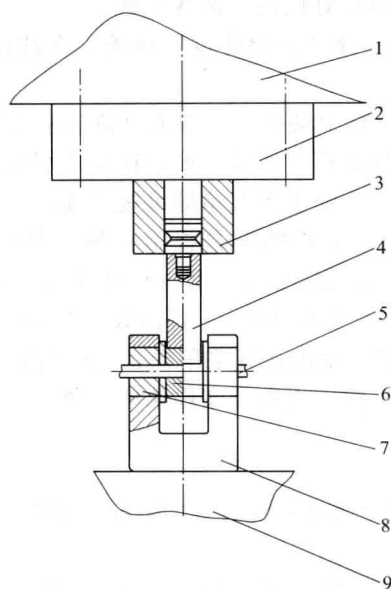


图 2-7 剪切试验装置

1—移动横梁；2—负荷传感器；3—锁紧螺母；4—剪切压头；5—剪切试样；
6—剪切块；7—剪切钳口；8—剪切座；9—工作台

2.1.3 软件使用说明

接通电源，打开计算机、EDC 控制器及功率放大器，把 EDC 菜单设置在“PC _ CONTROL”方式下。试验具体操作步骤如下。

(1) 拉伸试验

① 用鼠标单击计算机屏幕“快捷方式 test”图标，屏幕显示“压缩、弯曲试验”，“拉伸试验”，“剪切试验”。

② 单击“拉伸试验”，屏幕显示为“常规拉伸试验”，“模量拉伸试验”。试验中若使用引伸计则单击“模量拉伸试验”，否则单击“常规拉伸试验”。这时屏幕显示“正在初始化请等待...”，当该行字消失，程序显示主窗口。

③ 在开始试验前，需建立一个新的文件，操作过程为，点击主窗口文件菜单，选择“新建”选项，屏幕出现新建文件对话框。输入新的文件名后（取相同文件名会把先前的试验记录覆盖）按“确定”按钮。

④ 单击主窗口设置菜单，选择“试验参数”选项，在这里可以对一些参数进行设置或改变，首先是对试样形状的设置，单击“圆试样”选择框右边的小下降箭头，可以选择板试样和不规则试样，选择圆试样需要输入试样直径，选择板试样需输入试样的宽度和厚度，选择不规则试样只需输入试样的横截面积。在选择模量拉伸试验时，计算弹性模量区间值要设置在曲线的直线部分，这样求出的弹性模量更近似于真实值。其中区间的上限值还作为程序求取上屈服点的门槛值。若该值设置不对，会影响屈服点的准确。在试验前需凭经验估计而定，如果试验中屈服点求得不准，可以重新进入该设置窗口改变区间的上限值，单击滚动条的左右箭头可以改变上屈服点的下降点数，该值作为程序寻找上屈服点的一个条件。曲线类型有负荷-位移曲线，应力-应变曲线。曲线类型不同，X 轴和 Y 轴的坐标单位也不同，在试验前，X 轴和 Y 轴的起点坐标都设为零，终点坐标应大于试样断裂时所能达到的值，若该值设得小，曲线会画得不完整，这样，须等试验结束后重新打开该试验文件，在试验参数窗

体中把终点坐标变大。各项参数设好后按“确认”键。

⑤ 单击主窗口设置菜单,选择“试验速度”选项,在此窗口可以设置屈服前后的试验速度。设置好后按“确认”键。

⑥ 单击“ON”按钮,把试样上端夹好,双击负荷显示值清零,用手控摇柄调整好横梁位置,夹紧试样,双击“位移显示值”清零。如果试验使用引伸计,须夹好引伸计,拔掉插销,双击“变形显示值”清零。一切准备就绪即可按“开始”按钮,程序进入试验状态。

⑦ 若做模量拉伸试验时,试验中间屏幕提示摘掉引伸计,试验者摘除引伸计后,按“确定”按钮,程序继续进行,试验结束后,重新打开此试验文件,双击屏幕可改变显示曲线类型(即负荷-位移曲线和负荷-变形曲线)。若需显示应力-应变曲线,应在试验参数的曲线类型中选择“应力-应变曲线”。单击设置菜单选择送检内容,在送检内容窗体可以对各项进行输入设置,然后按“确认”键。再单击文件菜单选择打印,可以打印出试验报告和当前屏幕显示的曲线。

(2) 压缩、弯曲试验

① 用鼠标单击计算机屏幕“快捷方式 test”图标,屏幕显示“压缩、弯曲试验”,“拉伸试验”,“剪切试验”。

② 单击“压缩、弯曲试验”,这时屏幕显示“正在初始化请等待...”,当该行字消失,程序显示主窗口。如果试验程序已处于主窗口显示状态,可单击文件菜单选择“返回”选项,如果屏幕显示“压缩、弯曲试验”,“拉伸试验”,“剪切试验”,单击“压缩、弯曲试验”即可。如果屏幕显示“常规拉伸试验”,“模量拉伸试验”,单击“上一步”按钮,再单击“压缩、弯曲试验”,程序即处于压缩、弯曲试验状态。之后建立新文件,设置试验参数,安装试样,调整横梁位置,各项清零,进行试验,步骤与拉伸试验相同。弯曲试验只画出负荷-位移曲线。

(3) 剪切试验

步骤与压缩、弯曲试验相同。如果想浏览以前做过的试验曲线和检测数据,单击文件菜单的“打开”选项,在打开文件窗口中选择相应的文件名,按“确定”按钮,并可打印曲线及试验报告。试验结束后,打开文件菜单选择“退出”,关闭 EDC 及功率放大器。

2.2 WAW 系列微机控制电液伺服万能试验机

采用美国 AD 公司的电子器件生产的微机控制电液伺服万能试验机如图 2-8 所示,是一种具有高新技术手段,符合现代力学检验要求的新型试验设备。该试验机是目前生产和使用中的手动加荷式、手动加荷屏显式万能试验机的升级换代产品。

该试验机采用宽调速范围的电液比例阀组及计算机数字控制等先进技术,使用全数字式闭环调速控制系统,能够自动精确地测量和控制试验机加荷、卸荷等试验全过程。控制范围宽、功能多、全部操作键盘化,各种试验参数由计算机进行控制、测量、显示、处理并打印,集成度高,使用方便可靠。可对各种金属、非金属材料进行拉伸、压缩、弯曲、剪切、低周循环及用户设计的各种组合波形试验。其技术指标和性能达到现代国际先进水平,是科研生产、仲裁检验所需的先进检测设备。

2.2.1 主要结构及工作原理

微机控制电液伺服万能试验机主要由主机、液压源和计算机三大单元组成,如图 2-9 所示。

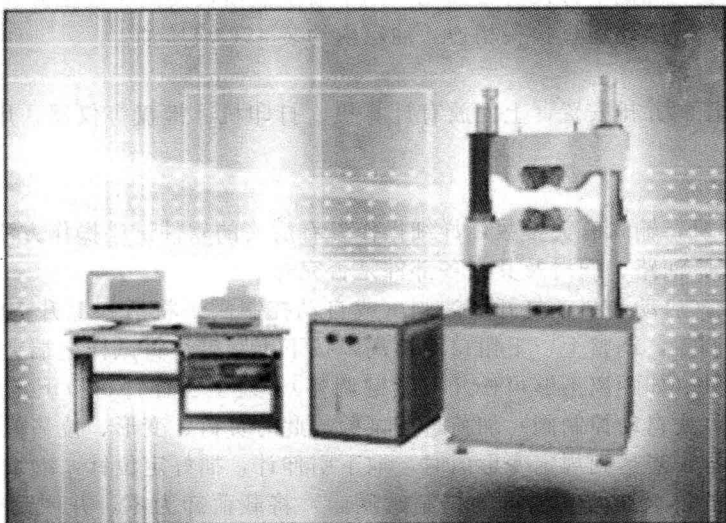


图 2-8 微机控制电液伺服万能试验机

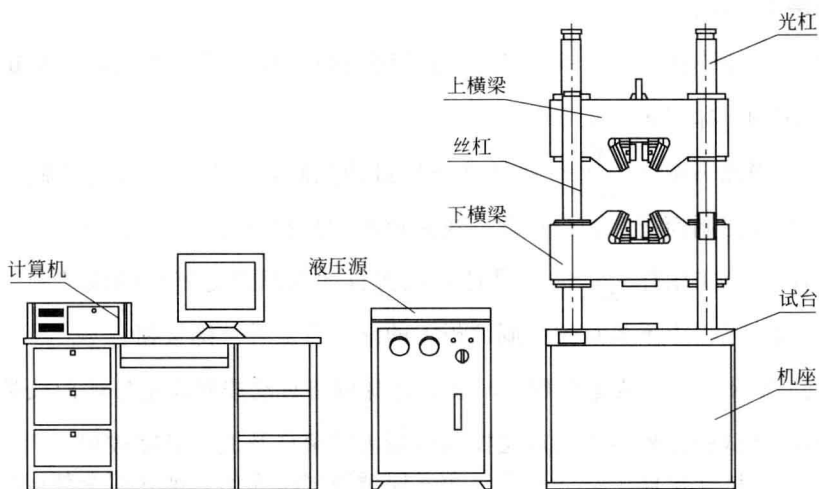


图 2-9 微机控制电液伺服万能试验机结构图

(1) 主机

主机结构为液压缸下置式，由机座（内装工作液压缸）、试台、上横梁、下横梁、丝杠、光杠等组成。试台与上横梁通过光杠连接成一个刚性框架，试台与工作液压缸及负荷传感器通过螺钉连接，下横梁在中间与丝杠连接形成上下两个工作空间，而电动机经减速器、链传动机构、丝杠副带动下横梁移动，调整上下工作空间。

在上、下横梁内均装有液压夹具，由吸附式控制盒控制其动作，夹具内的夹块可根据试样尺寸更换。

(2) 液压源

液压源为通用型设计。主要由油泵电动机组、手动控制阀、自动控制阀、过滤器、油箱等组成。液压夹具控制系统及配电盘也安装其内。

在液压源正面装有空气开关和启动按键，并设有手柄进行手动控制，液位计可观察液面