

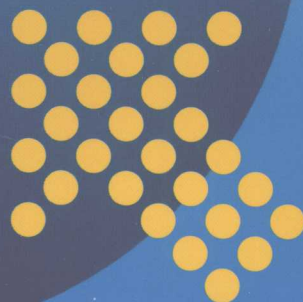
21世纪高等学校规划教材



CAILIAO LIXUE SHIYAN

材料力学实验

张锋伟 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

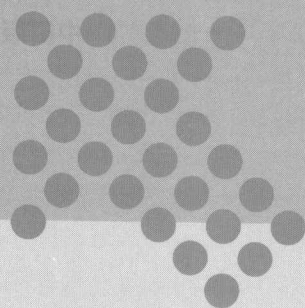
21世纪高等学校规划教材



CAILIAO LIXUE SHIYAN

材料力学实验

主 编 张锋伟
副主编 赵春花
编 写 高爱民 郭松年
主 审 康国瑾



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 简 介

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

本书包含了教学大纲规定的基本实验, 内容包括绪论、实验设备及仪器、基本实验、电测应力分析、光测弹性实验简介、实验误差分析和数据处理等。本书突出了微机控制材料试验机的使用特点, 附带了五个基本实验和一个综合性设计性实验的实验报告册, 以及与之配套的实验操作流程。

本书可作为本科院校相关专业的材料力学实验指导书, 也可供高职高专院校相关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

材料力学实验/张锋伟主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-8706-2

I. 材… II. 张… III. 材料力学—实验—高等学校—教材
IV. TB301-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 054584 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.25 印张 171 千字

定价 11.60 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

随着高等院校课程体系的不断改革和完善,各高校材料力学课程的学时普遍已缩减为 64 学时左右,而实验学时只占 6~8 学时。编者对近几年的实验教学改革进行了认真总结,结合多年从事材料力学实验教学体会和微机控制材料试验机的使用特点,在吸收同类院校实验教学改革成果的基础上编写了这本书。

本书共安排了六个基本实验,六个电测实验,对其中的六个实验配备了实验报告册和实验操作流程,该流程对规范学生的实验操作具有很好的指导作用。在必做实验中,安排了一个典型的综合性设计性实验。

本书由甘肃农业大学张锋伟担任主编,赵春花担任副主编。具体编写分工如下:张锋伟(前言、第 2 章、第 3 章 3.5 和 3.6、第 5 章),赵春花(第 1 章、第 5 章、附录 I~附录 VI),高爱民(第 4 章、第 6 章),郭松年(第 3 章 3.1~3.4),戴飞进行了文稿校对工作,在此表示感谢。

本书由兰州大学康国瑾主审,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示感谢。

限于编者的水平,教材中难免有疏漏和欠妥之处,敬请广大教师和读者批评指正,以便今后进一步修改和完善。

编 者

2009 年 3 月

目 录

前言	
第1章 绪论	1
1.1 实验的内容	1
1.2 实验测量的基本概念	2
1.3 实验的特点和要求	3
第2章 实验设备及仪器	5
2.1 普通液压万能材料试验机	5
2.2 电子式万能材料试验机	7
2.3 微机控制液压万能试验机	10
2.4 扭转试验机	12
2.5 刻线机	15
2.6 千分表及百分表	16
2.7 传感器介绍	17
2.8 数据采集系统	20
第3章 基本实验	22
3.1 金属材料的拉伸实验	22
3.2 金属压缩实验	26
3.3 金属弹性模量测定实验	29
3.4 金属扭转实验	30
3.5 低碳钢和铸铁材料抗拉、抗压、抗剪性能比较分析实验	33
3.6 冲击实验	35
第4章 电测应力分析	38
4.1 电测法的基本原理	38
4.2 组合式材料力学多功能实验台	43
4.3 纯弯曲梁的正应力实验	45
4.4 压杆稳定实验	46
4.5 薄壁圆筒在弯扭组合变形下主应力测定	48
4.6 材料弹性模量 E 和泊松比 μ 的测定	51
4.7 偏心拉伸实验	53
4.8 悬臂梁实验	55

第 5 章 光测弹性实验简介	58
5.1 光学基本知识	58
5.2 应力—光学定律	59
5.3 等倾线和等差线	60
5.4 模型材料条纹值的测定	61
第 6 章 实验误差分析和数据处理	63
6.1 实验误差分析	63
6.2 材料力学实验中常用的数据处理方法	66
材料力学实验报告	69
附录 I 电阻应变片的粘贴	99
附录 II 单位换算表	102
附录 III 有效数后第一位数的修约规则	103
附录 IV 材料力学性能测试常用国家标准及其适用范围	104
附录 V 新旧标准性能名称和符号对照	107
附录 VI 常用材料的主要力学性能	108
参考文献	109

第 1 章 绪 论

1.1 实验的内容

材料力学作为高校工科专业的一门技术基础课和必修课,占有非常重要的地位。研究力学问题有两种途径,即理论分析和实验分析,两者相辅相成。实验的结果常常为新理论的建立提供依据,新理论的提出和理论计算的结果需要实验验证。实验是科学研究的重要方法,实验的设计和实施需要理论分析做指导。材料力学实验是材料力学的一个重要组成部分,它不仅可以巩固所学课程的基本理论,而且对培养学生解决、分析实际问题的能力,提高学生动手能力,都具有很重要的作用。

材料力学实验包括以下三个方面的内容。

1. 材料的力学性能测定

材料的力学性能是指在力或能的作用下,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、弹性模量等。这些强度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。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,力学性能的测定成为研究每一种新型材料的重要任务。

2. 验证已建立的理论

材料力学的一些理论和公式都是在简化和假设(平面假设,材料均匀性、弹性和各向同性等假设)的基础上推导出来的。例如,杆件的扭转、弯曲理论是以平面假设为基础。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,只有这样才能确定公式的正确性和适用范围;至于对新建立的理论 and 公式,用实验来验证更是必不可少的。实验是验证、修正和发展理论的必要手段。

3. 应力分析实验

在大多数情况下,对于工程实际中的结构,因构件几何形状不规则、受力复杂等原因,应力计算无适用的理论,这时,用电测法或光测法等实验应力分析方法直接测定构件的应力,便成为有效的方法。对经过较大简化后得出的理论计算或数值计算,其结果的可靠性更有赖于实验应力分析的验证。随着计算机技术和电子技术的迅速发展,这些实验应力分析方法已被广泛使用。

实验应力分析,是用实验方法分析受力构件的应变、应力等力学参量的有效方法,它与工程实际密切联系。通过实验应力分析可以检验和提高设计质量、工程结构的安全性和可靠性,可以达到减少材料消耗、降低生产成本和节约能源的要求。它还可以为发展新理论、设计新型结构及新材料的应用提供依据。实验应力分析不仅可以推动理论分析的发展,而且能有效地解决许多理论上尚不能解决的工程实际问题。因此,实验应力分析和应力分析理论一样,是解决工程强度问题的一个重要手段,在航空、机械、土木等工程领域都得到广泛的应用。

实验应力分析的方法很多,主要有电测法、光测法、全息法、云纹法等。

电测法是以电阻应变片为敏感元件,通过电阻应变仪测出构件表面测点的应变,然后借助胡克定律求出测点的应力。电测应力分析在工程中广泛使用,是实验应力分析中的重要方法之一。

光测力学近年来有很大进展,经典的光弹性实验技术已从二维、三维模型实验发展成为能用于工业现场测量的光弹性贴片法,用来解决扭转和轴对称问题的光弹性散光法,研究应力波传播和热应力的动态光弹性法和热光弹性法,进行弹塑性应力分析的光塑性法,及研究复合材料力学的正交异性光弹性法。云纹法已日趋完善,特别是用于大变形测量,效果尤为明显。20世纪60年代后期发展起来的全息干涉法和散斑干涉法,在分析复杂构件的振型和振幅、测量物体的微小变形、三维位移场的定量分析、测定含裂纹构件的应力强度因子等方面,都已取得一定的成效。在全息技术和散斑技术中应用脉冲激光,还可以研究应力波在固体中的传播。全息光弹性法,可以同时获得等差线和等倾线的数据,便于分离主应力,解决平面的应力分析问题。焦散线法等测量奇异变形的光学方法,可以测量裂纹尖端的塑性区和应力强度因子,也可以测量角隅区的应力奇异性、两物体间的接触应力等。

声弹性法可以用来测量焊接件的残余应力;声发射技术可以用来测定含裂纹试件的开裂、监测疲劳裂纹的扩展等;声全息技术可以用来显示试件内部缺陷的形状与大小;其他应力分析方法还有脆性涂层法、X射线应力测定法、比拟法等。

在应力分析实验中采用何种方法主要取决于实验目的和对实验精度的要求。一般来说,为检验设计理论,校核结构与构件的强度,若仅需了解局部应力分布,用应变电测法比较方便;当进行设计方案比较,或构件形状和受力条件比较复杂,需要全面了解结构与构件的受力状况时,则以光弹性实验为宜,用光弹性方法测定构件的应力集中系数特别方便。总之,各种方法都有其长处和短处,原则上应扬长避短,因此有时将几种方法结合起来使用。例如,在力学实验中先用光弹性方法了解构件的危险截面位置,再通过应变电测法测量危险点的应力。

实验方法的选择往往还与实验人员的经验和所拥有的技术手段有关,但实验人员应时刻牢记:实验离不开理论的指导,应力应变分析理论是材料力学实验的主要指导理论。只有通过对受力构件的变形分析才能把握测试的重点,制定合理的实验方案,测试结果还得用应力应变分析理论计算出测点应力。没有理论指导的实验往往会事倍功半,甚至导致错误的实验结果。

在材料力学实验中,常规实验采用的微机控制万能材料试验机中的力传感器就采用了电测应力分析技术。通过材料力学电测实验,我们就能亲自体验到电测应力分析的优越性。

1.2 实验测量的基本概念

测量就是用一定的工具或仪器设备来确定一个未知的物理量、机械量、生物医药等参量数值的过程。测量方法可分为直接测量和间接测量。直接测量是借助于测量工具或测量仪器把被测量与同性质的标准量进行比较,例如,测量物体的质量,可以通过天平秤将砝码与被测物进行比较;有时则无法将被测量与标准量直接比较,而要作一些变换后才能进行,例如,用压力表测量容器中的压力时,必须将压力转换成压力表上指针的刻度,同时压力的标准量也被转换到压力表的刻度盘上,这样被测量与标准量都被转换成同性质的位移量(中间

量),就可以比较了。以上两种测量方法都是直接测量。在材料力学实验中,用非电子显示力和位移的液压式和机械式万能材料试验机试验所测得的数据,就属于直接法测量。但是有许多被测量无法用简单的直接测量方法得到,这就需要用间接测量方法。间接测量法是对与被测量有确定函数关系的其他物理量(即原始参数)进行直接测量,然后根据函数关系计算出被测量,例如,测量运动物体的加速度,先将被测的加速度通过相应的传感器转变成电量(参数),并将该电量(参数)放大或转换,再送入显示器或记录仪,或送入计算机处理,从而得到被测的加速度,这就是间接测量。为了使测量结果得到确认,用来进行比较的标准量必须准确并得到公认,此外所用的方法和仪器必须经过校验。在材料力学实验中,用微机控制万能材料试验机试验所测得的数据,就属于间接法测量。

采用间接测量方法,要根据测量原理设计一套测量系统。一个完整的测量系统主要包括以下三部分。

(1) 传感级。传感级是系统的信息敏感部件,用来感受被测量,并将其转换成与被测量成一定函数关系(通常是线性关系)的另一种物理量(通常为电量)。

(2) 中间级。中间级是用来将传感器输出的信号转换成便于传输、显示、记录并进行放大的装置。

(3) 终端级。终端级是一个显示器、记录仪或某种形式的控制器,用来显示或记录被测量的大小或输出与被测量相应的控制信号,以供应用。

以上测量系统中,信息传输大都为模拟量,其缺点是容易受到干扰,影响测量精度。目前发展方向是将传感器信号转换成数字信息,其优点是抗干扰能力强,测量精度高,测量速度快。

1.3 实验的特点和要求

实验课不同于课堂的理论教学。第一,学生如果当场没有理解理论教学的内容,课后还可以通过自己复习教材、同学间的相互讨论、教师的答疑再去完成作业。而实验课上,学生面对陌生的仪器设备,必须在有限的时间内亲手操作,给试样加载,同时观测其变形,获取实验数据,甚至拿出实验结果,这一切离开实验条件就无法进行,因此实验课前的充分预习就显得十分重要。第二,课堂理论教学一般不存在安全问题,而实验教学就存在设备安全甚至人身安全问题,特别是材料力学实验,有时对试件所加的载荷比较大,如破坏性试验、动载试验、冲击试验就存在一定的危险性,这就要求学生必须严格遵守实验规则和仪器设备的操作规程。第三,理论知识的学习一般都是个体作业,而实验时力和变形要同时测试,一般要有几个人相互配合才能很好地完成实验全过程。这就要求学生有明确的岗位职责,在实验的每个环节都严谨认真,并发挥分工协作的团队精神,否则就不可能得到正确的实验结果,有效地完成实验任务。

材料的强度指标如屈服极限、强度极限、弹性模量等,虽是材料的固有属性,但往往与试样的形状、尺寸、表面加工精度、加载速度、周围环境等有关。为使实验结果能相互比较,国家标准对试样的取材、形状、尺寸、加工精度、试验的手段和方法、数据的处理等都作了统一的规定,我国国家标准的代码是 GB。

对破坏性试验,如材料强度指标的测定,考虑到材料质地的不均匀性,应采用多根试

样,然后综合评定结果,得出材料的性能指标。对非破坏性试验,构件变形量的测定,因为要借助于变形放大仪表,为减小测量系统引入的误差,一般也要采用多次重复,然后综合评定结果。

根据上述的实验课特点,学生应达到以下几方面的要求。

(1) 实验课前每位学生都必须明确本次实验的目的、原理和步骤,了解所使用的试验机 and 测量仪器的基本构造原理和操作规程,了解所测试试样的材料、形状和公差要求,进行充分的预习和实验准备,应写出预习报告。

(2) 在正式开始实验之前,要检查试验机测力度盘指针是否对准零点,变形仪安装是否稳妥,试件装夹是否正确,电测仪表接线是否正确等,并拟定好相应的加载方案。对试样所能承受的最大载荷,选择适当的量程,注意其最大载荷不得超过试验机所选量程的 80%,以保证试验机有足够的灵敏度和示值精度。静载试验的加载速率应缓慢、均匀,特别是材料的仲裁试验,应严格按照相关国家标准或国际标准的规定进行。准备工作完成后还应请指导教师检查无误后方可启动试验机。第一次加载可以不作记录(不允许重复加载的试验除外),观察试验机和变形仪是否运行正常。如果正常,再正式加载并开始记录实验数据。

(3) 实验过程中应精心操作,细心观察,测量和记录各种实验现象及数据。若出现异常现象应及时报告指导教师并作好原始记录。在实验中还应提倡主动思索,发挥独立思考能力,结合所学理论知识对实验中的数据和现象进行分析,使理论与实际联系起来,把实验中获得感性认识上升为理性知识。对实验中发现的可疑现象和数据可以重复测试、重复观察并分析其产生的原因再决定取舍,但无论取或舍都必须保持原始记录。

(4) 实验结束要及时撰写实验报告。实验报告的内容应包含:实验名称,实验日期,实验环境的温度、湿度,实验目的,原理简述,实验布置简图,使用的仪器设备的名称,实验数据的记录,数据处理的表达和实验数据的误差分析讨论,及同组实验人员的分工名单。

整理实验结果时,应剔除明显不合理的数据。实验数据要用数学归纳法进行整理,并注意有效数字修正。对材料常数的确定,常用增量平均值法处理,多次实验的平均值最接近真实值。数据运算的有效位数要依据机器、仪表的测量精度来确定,但一般在实验中只保留三位有效数字。实验成果的表示,一般有表格表示法和曲线表示法,用表格表示两个或两个以上物理量之间的关系时,要使读表者能一目了然地看出规律性的结果;而有时用曲线表示实验结果更具有直观性、规律性。对于物理量之间的关系在它们互相变化过程中,除非是转折质变的过程,一般都是连续的,也就是作成的曲线应连续光滑,但实验数据点不可能都落在曲线上,这时就必须运用数据处理的方法进行曲线拟合,以真实地显示物理量之间变化的规律性。

(5) 对试样变形的测量,一般由于弹性变形很小,需用变形仪器进行放大测量,因此应了解其构造原理、使用方法和放大倍数。在选用时,要注意使实验中最小变形值应远大于变形仪上的最小刻度值,而最大变形值则不得超过变形仪满量程的 80%。

以上几点是实验成功所必备的基本条件和要求,在实验全过程中都必须严格遵守。

第2章 实验设备及仪器

2.1 普通液压万能材料试验机

材料试验机是测定材料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、疲劳试验机等。能兼作拉伸、压缩、弯曲等多种试验的试验机称为万能材料试验机，简称万能机。供静力试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。

一、普通液压式万能材料试验机的组成及工作原理

普通液压式万能材料试验机结构如图 2-1 所示，主要由加载系统和测力系统组成。

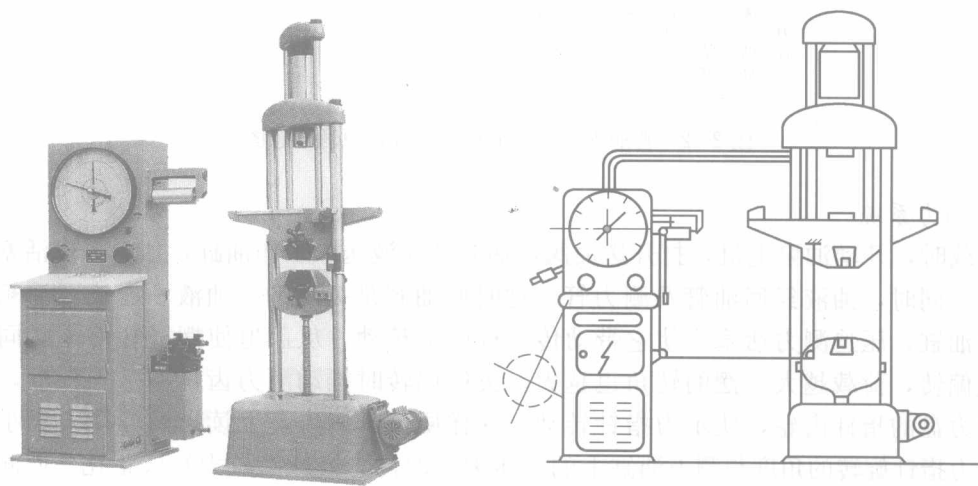


图 2-1 普通液压式万能材料试验机结构图

1. 加载系统

图 2-2 所示，蜗轮蜗杆和调位电机（或手动调位轮）安装在底座上，两根立柱固定在底座上，而固定横梁固定在两根立柱上，由底座、两根立柱、固定横梁组成承载框架。工作油缸安装在固定横梁上。在工作油缸的活塞上，支承着由上横梁、活动立柱和活动平台组成的活动框架。当油泵开动时，油液通过送油阀，经进油管进入工作油缸，把活塞连同活动平台一同顶起。这样，如把试样安装于上夹头和下夹头之间，由于下夹头固定，上夹头随活动平台上升，试样将受到拉伸。若把压缩试样竖直置放于活动平台中央，则因固定横梁不动而活动平台上升，试样将受到压缩。同理，若把弯曲试样水平置放于活动平台上的两个支座上，则因固定横梁不动而活动平台上升，试样将受到弯曲。

在夹持拉伸试样时，如欲调整上、下夹头之间的距离，则可开动调位电机（或转动手动调位轮），驱动螺杆，便可使下夹头上升或下降。但调位电机绝对不能用来给试样施加拉力。

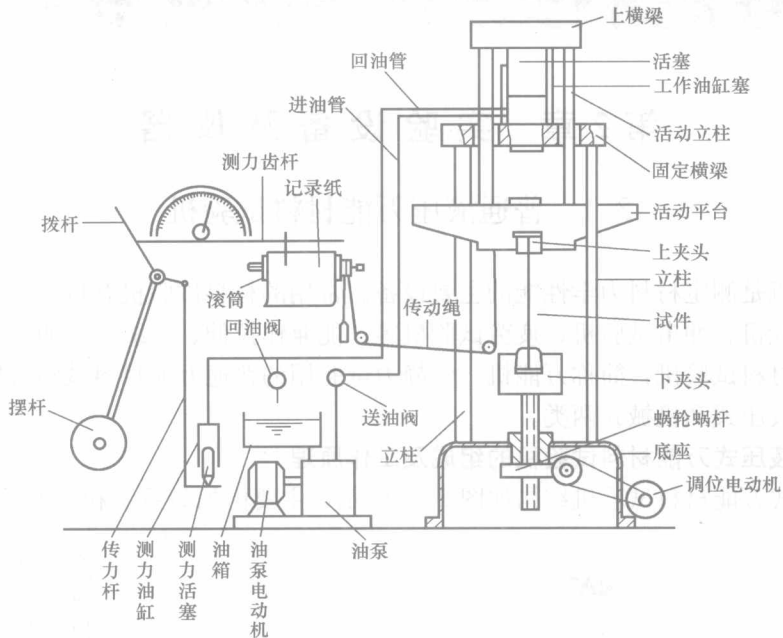


图 2-2 普通液压式万能材料试验机原理示意图

2. 测力系统

加载时，开动油泵电机，打开送油阀，油泵把油液送入工作油缸，顶起工作活塞给试样加载，同时，油液经回油管及测力管（这时回油阀是关闭的，油液不能流回油箱）进入测力油缸，压迫测力活塞，使它带动传力杆向下移动，从而迫使摆杆和摆锤联同拨杆绕支点偏转，荷载越大，摆的转角也越大。拨杆偏转时推动测力齿杆作水平移动，于是驱动示力盘的指针齿轮，使示力指针转动，这样便可从测力盘上读出试样受力大小的数值。示力指针旋转的角度与测力油缸上的总压力（即传力杆所受拉力）成正比，而测力油缸压力的大小与试样所受荷载的大小成正比，因此，示力指针旋转的角度与试样所受荷载的大小成正比。

试验机配有不同重量的摆锤，可供选择。一般试验机可以更换三种锤重，故测力盘上相应应有三种刻度，这三种刻度对应着机器的三种不同的量程。例如，WE-300 型万能试验机配有 A、B、C 三种摆锤，其对应的三种测量量程分别为 0~60kN、0~150kN、0~300kN。

二、普通液压式万能材料试验机操作步骤

(1) 关闭送油、回油阀。

(2) 选择量程，装上相应的锤重。

(3) 加载前，测力指针应指在刻度盘的“零”点，否则必须加以调整。调整时，先开动油泵电动机，将活动平台升起 3~5mm 左右，然后稍旋动摆杆上的摆锤，使摆杆保持铅直位置，再转动水平齿条，使指针对准“零”点。

(4) 安装试样。压缩试样必须放置垫板，拉伸试样则须调整上夹头或下夹头位置，使拉伸区间与试样长短相适应。注意，试样夹紧后，绝对不允许再调整夹头，否则会造成烧毁夹头调位电机的严重事故。

- (5) 调整好自动绘图仪的传动装置及滚筒上的纸和笔。
- (6) 开动油泵电动机, 缓慢打开送油阀, 慢速均匀加载。
- (7) 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, 于是活动平台回到原始位置。最后将所有机构复原, 并清理机器。

三、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。加载时要求测力指针匀速平稳地走动, 应严防送油阀开得过大(这时测力指针会走动太快), 致使试样受到类似冲击载荷的作用, 不再是静载作用。
- (2) 拉伸试样夹住后, 不得再调整下夹头的位置, 以免使带动夹头升降的电动机烧坏。
- (3) 机器运转时, 操作者必须集中注意力, 中途不得离开, 以免发生安全事故。
- (4) 试验时, 不得触动摆杆和摆锤, 以免影响试验读数。
- (5) 在使用机器的过程中, 如果听到异声或发生任何故障应立即停车(切断电源), 以便进行检查和修复。

2.2 电子式万能材料试验机

电子式万能材料试验机是采用电子技术(或计算机)控制的万能材料试验机, 主要有两种类型: 一种是数字显示式的, 它将力、位移和变形的大小通过面板上的数显窗口同步显示出来, 可以随时记录, 也可以通过微型打印机打印出来, 其主要特点是加力速率范围宽且易于准确控制, 操作简便; 另一种是完全由微机控制的, 操作方便灵活, 可根据显示器的提示用键盘或鼠标实施对试验机操作控制, 并能自动进行数据处理, 数据的后处理能力很强。

近年来电子式万能材料试验机先后采用了四种不同的控制方式: 一种是采用松下电机及控制器技术, 只能实现等速模拟控制的电子式万能材料试验机; 第二种是采用单片机组成测量、控制单元, 通过计算机与之通信实现模拟控制的电子式万能材料试验机, 这种控制方式虽然实现了等速、等应力、等应变控制, 但在实验过程中各种控制方式无法相互切换; 第三种是以 386 计算机为内核的测量控制技术, 各生产厂家另配计算机及实验软件与之通讯的电子式万能材料试验机, 该方式只能实现程序控制, 对实验员素质要求较高; 第四种是采用数字式脉冲调宽技术, 全数字闭环多功能控制的电子式万能材料试验机, 其测量控制系统既可以实现程序控制实验又可以实现随机控制实验, 在实验过程中, 各种控制速率及控制方式均可以互相平滑切换。电子式万能材料试验机由于采用了传感技术、自动化检测、微机控制等较先进的测控技术, 不仅可以完成拉伸、压缩、弯曲、剪切等常规实验, 还能进行载荷或变形循环、蠕变、松弛、应变疲劳等一系列静、动态力学性能实验, 具有测量精度高, 加载控制简单, 实验范围宽, 可以对整个实验过程进行预设和监控, 通过强大的后处理技术直接提供实验分析结果和实验报告、再现实验数据等优点。

一、结构与工作原理

电子式万能材料试验机主机可分为双空间和单空间两种类型, 而双空间试验机又可分为下拉上压式和上拉下压式, 如图 2-3 所示, 试验机随制造厂家不同, 其结构和功能略有差异, 但其结构一般均包含下列五个系统(见图 2-4)。

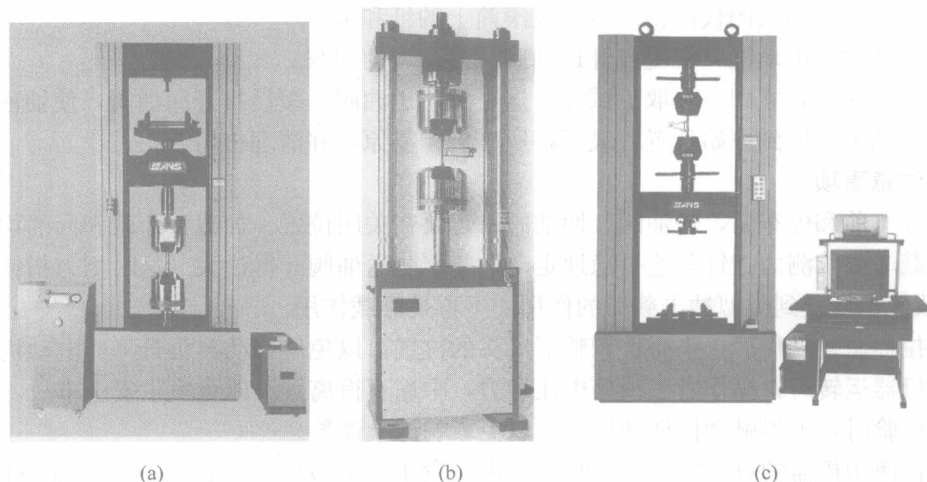


图 2-3 电子式万能材料试验机

(a) 下拉上压式 (双空间); (b) 单空间; (c) 上拉下压式 (双空间)

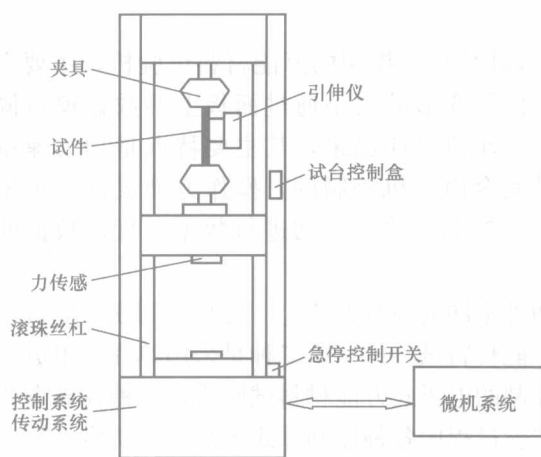


图 2-4 电子式万能材料试验机结构图

1. 加力系统

试验机的加力机构装于主机机架内，两滚珠丝杠垂直分装在主机左右两侧，活动台内的两套螺母用滚珠与相应的滚珠丝杠啮合。工作时，交流伺服电机经齿形皮带减速后驱动左右丝杠同步原地转动，活动台内与之啮合的螺母便带动活动台下降或上升。活动台下降时，对于“上拉下压式”试验机，上部空间为拉伸区，下部空间为压缩与弯曲区，而活动台上升时应空载运行，不能施加载荷；对于“下拉上压式”试验机，活动台上升时，下部空间为拉伸区，上部空间为压缩与弯曲区，活动台下降时，应空载运行，不能施加载荷。

活动台升降及其速度控制有两套并行装置：一套是位于主机右立柱上的手动按键式控制盒，有启动按钮、停止按钮、慢速和快速升降按钮、试样保持按钮等，供装卡试样时调整活动台位置和启动实验时使用；另一套直接由微机控制，主要供试验加力时使用。在设备的适当位置还需另外配有紧急停机按钮，供实验过程中出现意外情况时使用。有些试验机还配有升降停选择钮和调速电位器。

2. 测力系统

当夹持好试件后，横梁运动时，通过夹具施加一个力给试样，与试样一端相连的测力传感器受力后，产生一个微弱的信号，此信号经测量系统放大并经 A/D 转换器转换后，送给微机进行采集、处理、线性修正，从而显示出所测到的力值。测力传感器一般固定在横梁中央并与下夹头和压头相连接。

由于电子式万能试验机最容易损坏的部位是传感器，因此几乎所有电子式万能试验机都

配有限位开关,有强制限位和临时限位开关,用来保护传感器。所以,实验人员在使用过程中必须要认真调整,灵活使用。

3. 试样变形测量系统

将小变形或大变形传感器装夹在试样上,由于试样的伸长,引起了小变形(标定值)或大变形的相对运动,小变形或大变形传感器经由测量系统放大或计数,并由 A/D 转换器转换后,将数据传送给微机,微机再通过线性修正,从而显示出所测到的变形值。

4. 活动横梁位移测量与控制系统

由于丝杠的运动,带动了连接在丝杠顶端的编码器转动,编码器首先将转动的角度信号送给测量系统,然后再送至微机,这样便完成了位移的测量。所测量到的横梁的位移,也就是试样发生的整体变形。对活动横梁位移还有限位控制,通过灵活调整横梁的“强制限位”装置和“活动限位”装置可以有效保护设备的使用安全。

5. 微机自动测试与控制系统

电子式万能材料试验机采用了主从结构的计算机控制系统。试验机的测量、控制等功能模块内嵌于微处理器中作为下位机,下位机主要完成功能模块内部功能控制,例如,测量模块的标定、调零、换挡等,控制模块的参数设定,各种保护的自诊断等。主控计算机通过 CPIB 总线管理,控制试验机的测量与控制模块的下位机组建并完成各种功能的力学性能测试。

注意试样变形测量有两种方式,一是通过安装在活动横梁与立柱之间的位移传感器,测量横梁的位移,也就是试样发生的整体变形;二是通过另外加装的电子引伸仪精确测量试样标距内的局部变形。这两种变形信号都能输出至计算机进行必要的切换、采集、处理。

二、操作步骤

- (1) 打开主机电源,预热(一般要求预热 10min 左右)。
- (2) 启动计算机和打印机。
- (3) 按下主机手动微调面板上的启动按钮或启动计算机上设备的控制软件。
- (4) 安装试样,先上夹头,后下夹头,需要时手动调整活动台位置。
- (5) 必要时,还要在试样上安装引伸计。
- (6) 进行参数设定或通过计算机在设备的控制软件界面上选择实验方案,并对传感器清零。
- (7) 在确认实验设备连接无误后,启动实验运行按钮。
- (8) 待实验结束后,分析、处理数据,显示并打印出试验结果。

三、注意事项

电子式万能材料试验机是一种多参量、多功能、高精度、智能型的力学实验设备,为了杜绝事故的发生,在使用过程中应特别注意下列事项。

- (1) 在主机开动前,必须把位移行程限位保护装置调整好,以保证在实验时活动横梁不与上横梁或工作台相撞。
- (2) 试验机单向加载不应超过载荷传感器额定量程的 80%,双向循环加载其拉伸与压缩载荷不宜超过载荷传感器容量的 60%。
- (3) 拉伸夹具夹持试样部分的长度不得少于夹块长度的 80%。
- (4) 载荷、变形测量仪器应预热 30min 后方可开机实验。

- (5) 新传感器与放大器配套使用前, 必须对放大器各挡满度进行标定。
- (6) 当试验机处于应力(或应变)控制中时, 可进行力值换挡, 不能进行变形换挡。
- (7) 调整传感器的各种校准参数时, 必须严格遵循操作规程, 否则容易造成事故。

(8) 实验过程中若出现异常情况应迅速按“急停”键, 然后查找原因, 排除故障, 待系统正常后再按正确步骤实验。

2.3 微机控制液压万能试验机

一、微机控制液压万能试验机的主要结构及工作原理

微机控制液压万能试验机采用液压加荷与微机系统相结合的技术, 利用计算机对试验进行数据采集、数据处理及图形显示。主要用于金属材料的力学性能测试, 能准确测定出金属材料在拉伸、压缩、弯曲等状态下的材料性能, 亦可用于水泥、混凝土等非金属材料的压缩及弯曲试验。

微机控制液压万能试验机主机与电子万能试验机一样, 也可分为双空间和单空间两种类型, 而双空间试验机基本都采用上拉下压式, 如图 2-5 所示。微机控制液压万能试验机主机的主要特点是加载能力强大, 可以达到数百吨, 而电子万能试验机加载能力只有几十吨, 但微机控制液压万能试验机加载速度的控制不如电子万能试验机灵活准确。

液压式材料试验机具有抗冲击性好、刚性好、结构多样化、输出载荷范围宽、响应速度快等特点, 因而在大载荷力学性能试验、复杂的结构试验、动态试验等方面具有较突出的优势。

目前, 液压式材料试验机制造技术已有了长足的发展, 部分国产液压式材料试验机采用了负荷传感器直接测力, 相比传统的油压传感器间接测力的方式, 无须考虑活塞的重力、摩

擦力对试验结果的影响。有些试验机配备 DCS 全数字测量控制系统, 在测量范围以内全程不分挡, 具有分辨力高、测量范围宽、精度高、重复性好等特点。所采用的高精度抽出式位移传感器测量活塞位移重复性好, 抗冲击能力强; 油缸采用组合密封, 阻尼小、寿命长、无渗漏; 液压油路采用阀体集成技术, 使用了插装阀和锥面密封, 杜绝了渗漏, 保证了良好的密封性; 所选用的具有特殊低噪声设计的高性能油泵, 保证了安静的工作环境; 液压系统所采用的负载敏感技术(压差随动), 使油泵的出口压力与油缸压力之间始终保持一个较低的恒定压差, 降低了能耗, 减少了发热。

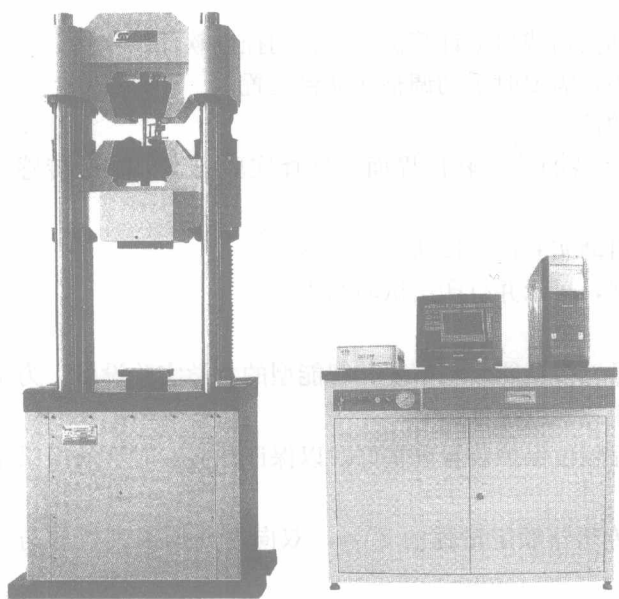


图 2-5 微机控制液压万能试验机

液压式材料试验机主要由液压加荷系统和测量系统两部分组成,加荷系统通过油缸活塞把力传递给固定在试验台下面的负荷传感器,由负荷传感器把力信号转换成电信号发送给测量系统。通过测量系统对实验数据进行处理、分析,从而得出试验结果。

液压式材料试验加荷系统包括主机和液压源。主机由机座(内部有主工作油缸)、试台、下横梁、上横梁、夹持部分、丝杠、光杠等部分组成,是试验机的执行机构。液压源主要包括油泵、电机、手动阀、电磁换向阀等单元。液压源是试验机的动力供给机构,利用手动阀手轮的旋转,可以实现油缸活塞的上升(顺时针转动手轮)和下降(逆时针转动手轮),从而实现对试样的加载与卸载。液压夹紧系统与主机加载系统是分开的,由电磁换向阀来实现它们与油路的通断。

测量系统由工控机和计算机组成,主要完成数据的采集和处理。工控机的工作原理如图2-6所示。计算机通过串行口与工控机相连,它对工控机采集到的数据进行处理,例如,传感器示值显示、试验曲线显示,试验结果处理,试验报告打印等。

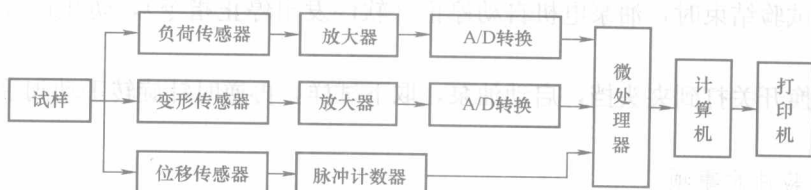


图 2-6 工控机工作原理

二、开关机顺序

当试验软件完全启动,进入联机状态后,机器才能运行(油泵才能启动)。所以在进行试验机前,测量系统必须先启动,顺序如下:

开机:显示器→打印机→计算机→工控机→启动试验软件→液压源

关机:液压源→退出试验软件→工控机→计算机→显示器→打印机

三、试验机操作方法

如上所述,在保证测量系统正常的情况下,方可进行试验。

1. 夹块的选用及安装

(1) 试验前,用户应根据试样的形状和尺寸选择合适的夹块,圆试样选择V形夹块,扁试样选择平夹块。

(2) 将夹块推入衬板的燕尾槽内。注意夹块有倒角的一面顺着试样受力的方向。

(3) 锁紧衬板两侧的小挡板,防止夹块偏离。

选用夹块应注意,当试样尺寸在夹块的临界尺寸时,尽量选用尺寸较小的一种。例如,CHT4305的V形夹块有 $\phi 5 \sim \phi 16$ 、 $\phi 16 \sim \phi 32$ 两种,如果试样尺寸为 $\phi 16$,则应尽量选择 $\phi 5 \sim \phi 16$ 的夹块。

警告:在装夹块时,油泵电机切勿启动,并让机器处于断电状态。

2. 装夹试样

(1) 启动油泵电机,把转换开关打到“夹头”挡。

(2) 夹紧试样,注意圆试样夹在V形夹块的中间,扁试样必须垂直于夹块,不能倾斜。