



高等学校『十一五』规划教材

材料力学实验

主编 许吉信

西北工业大学出版社

NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

高等学校“十一五”规划教材

材料力学实验

主编 许吉信

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是根据材料力学课程教学的基本要求编写的,既可以与中等学时、多学时的材料力学教材配套使用,也能满足材料力学单独设课的需要。

本书把材料力学实验分为基本实验,选择性实验,提高性、综合性、设计性实验三部分。基本实验是材料力学课程基本要求规定的实验,包括破坏性实验和主要力学性能测定等;选择性实验包括冲击、光弹、疲劳、压杆稳定等;提高性、综合性、设计性实验包括工字梁主应力的测定,偏心拉伸,组合梁弯曲应力测定,自拟综合性、设计性实验等。实验教材可根据各院校设备情况由教师选择部分作演示或在教师指导下由学生完成。附录中有误差理论与数据处理等内容,另外还附有与实验相对应的实验报告。

本书可作为高等院校工科类学生实验教学用书,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料力学实验/许吉信主编. —西安:西北工业大学出版社,2010.1
ISBN 978-7-5612-2742-8

I. ①材… II. ①许… 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(2010)第 023334 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西百花印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:10.75

字 数:257 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

定 价:20.00 元

前 言

材料力学实验是材料力学教学中的一个重要环节。为了提高学生的实验技能和工作实践能力,全面推进素质教育,各高校都在不断加大实验教学的改革力度。为了适应新形势下的材料力学实验课教学,根据材料力学的课程教学基本要求编写了本书。本书可供各类专业中等学时和多学时的材料力学实验的教学使用。

全书共分为5章。第1章为绪论,讲述了材料力学实验的内容、方法和要求;第2章是实验设备及测试原理,介绍了常用试验机、试验装置、测试仪器的构造原理及操作方法,包括电测法原理;第3章为基本实验,包括破坏性实验和主要力学性能测定等;第4章为选择性实验,包括冲击、光弹、疲劳、压杆稳定等;第5章为提高性、综合性、设计性实验,包括工字梁主应力的测定,偏心拉伸,组合梁弯曲应力测定,自拟综合性、设计性实验等。

基本实验是材料力学课程的基本要求规定的实验内容。因此,对实验的具体要求和操作规程都作了比较详细的叙述,以加强学生对实验基本知识和技能的培养。选择性实验,主要让学生了解更多的实验方法,拓宽实验知识。提高性、综合性、设计性实验是在老师指导下由学生独立完成的,有的实验只给予提示,要求学生自己设计实验方案和操作步骤,给学生留出充分的思考空间,培养学生的实践和创新能力。

本书在编写过程中对实验所用设备、实验原理、实验方法及注意事项都作了比较详细的介绍,并要求学生在实验报告中,不能简单地只写出实验结果,还应将实验原理及得出结果的过程简要地写出,并对实验结果及实验中出现的問題进行分析。其目的是使学生通过仔细阅读实验指导书,经过认真思考,能独立完成实验全过程,并对实验中遇到的问题进行分析,从而提高学生的动手能力和分析问题、解决问题的能力,养成严谨、科学的工作作风,以达到素质教育的目的。

本书由西安工业大学力学实验中心的许吉信主编,张文荣、李志军老师参加了本书部分内容的编写工作。

本书是在作者查阅了有关国家标准的基础上,参考了近年来国内出版的相关教材和文章,并结合自己多年来从事实践教学所积累的经验而编写的。

在本书的编写过程中得到了西安工业大学建筑工程学院领导的大力支持,书中部分插图由胡衍老师协助制作,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,本书可能有欠妥之处,恳请广大师生和读者批评指正。

编 者

2009年10月30日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 材料力学实验的意义和任务	1
1.2 材料力学实验的内容和方法	1
1.3 材料力学实验的特点和要求	3
第 2 章 实验设备、测试仪器、实验装置及测试原理	5
2.1 试验机一般介绍	5
2.2 液压式万能材料试验机	6
2.3 电子万能试验机	8
2.4 计算机控制全自动压力试验机	12
2.5 扭转试验机	14
2.6 计算机控制扭转试验机	17
2.7 冲击试验机	20
2.8 疲劳试验机	21
2.9 409—II 型光弹仪	23
2.10 弯曲梁实验装置	25
2.11 弯扭组合实验装置	26
2.12 机械式引伸仪	27
2.13 静态数字电阻应变仪	29
2.14 JDYS—II 型静态电阻应变仪	32
2.15 数字测力仪	34
2.16 电测法原理简介	36
第 3 章 基本实验	44
3.1 拉伸破坏实验	44
3.2 压缩破坏实验	53
3.3 扭转破坏实验	57
3.4 弹性模量 E 和泊松比 μ 的测定	62
3.5 剪切弹性模量 G 的测定	64
3.6 纯弯曲梁的正应力测定实验	66
3.7 弯扭组合变形的主应力测定	69



第 4 章 选择性实验	74
4.1 规定非比例延伸强度($R_{0.2}$)的测定	74
4.2 压杆稳定实验	78
4.3 冲击实验	81
4.4 疲劳实验	84
4.5 光弹性实验	88
第 5 章 提高性、综合性、设计性实验	100
5.1 黏结电阻应变片、测定金属材料常数的电测实验	100
5.2 偏心拉伸实验	102
5.3 组合梁弯曲应力的测定	104
5.4 工字梁主应力的测定	107
5.5 超静定框架实验	109
5.6 综合性、设计性实验	110
附录	112
附录 I 误差理论和数据处理	112
附录 II 有效数字的确定及运算规则	115
附录 III 几种常用材料的主要力学性能	116
附录 IV 力学性能试验术语中英文对照	117
附录 V 实验报告	120
参考文献	165

第 1 章 绪 论

1.1 材料力学实验的意义和任务

材料力学学科发展的历史充分表明,实验是理论的基础,也是学科发展的基础。这不仅是因为材料的力学性能参数需要通过实验来测定,而且在对构件与材料的强度、刚度和稳定性问题进行理论分析时,也往往是首先根据实验所观察到的现象,提出假设,并建立相应的力学模型,然后再运用已知的力学和物理学规律以及合适的数学工具进行理论上的分析、归纳、演绎,从而得出新的结论,而这些结论还必须通过实验来检验。此外,对一些受力或形状复杂的构件,其强度、刚度和稳定性问题,尚难以用理论分析解决时,更需要运用实验方法寻求解答。虽然近些年来随着计算机技术的开发应用和数值分析方法的发展,出现了一系列力学数值仿真实验,但这些数值解法仍然必须建立在可靠的力学性能参数和力学模型的基础上,这样才有可能给出正确的解答。力学数值仿真只是对力学模型实验提出了更高的要求,而不可能完全取代力学实验。因此,材料力学实验是材料力学课程的重要组成部分,是理论联系实际的教学环节,也是培养学生的探索精神、科学思维、实践能力、创新能力的重要途径。同时,材料力学实验还是学生接受工科高等教育过程中由基础理论学习逐步迈入科学研究和工程实践的第一座桥梁。由此可见,了解、实施、掌握材料力学实验具有极其重要的意义。

材料力学实验教学的主要任务:

- (1)通过实验测定和研究工程材料的力学性能,包括材料的弹性、塑性、强度、韧性和疲劳特性等性能参数。
- (2)验证材料力学理论公式和主要结论,并通过实验来学习变形和应变的基本测试方法及主要测试仪器的操作规程。
- (3)研究受力和形状较复杂构件的应力分布规律,即进行实验应力分析,其中主要包括电测法和光弹性法。
- (4)进行科学实验的基本训练,培养学生严谨认真的工作作风,实事求是的科学态度,分工协作的团队精神,增强观察和发现、分析和解决工程实际问题的能力。

1.2 材料力学实验的内容和方法

材料力学实验的任务决定了材料力学实验目前大致涵盖了下列三方面的内容并产生和发展了相应的实验方法。

1. 验证性实验

材料力学的理论是建立在将真实材料理想化、实际构件典型化、公式推导假设化的基础之上的。例如对于材料连续性、均匀性的假设,材料完全弹性和各向同性的假设等,事实上材料

的性质往往与这些假设是有差异的。因此,必须通过实验对根据这些假设推导的公式加以验证,才能确定公式的应用范围。又例如在弹性变形阶段,受纯弯变形构件横截面上正应力的分布规律,偏心拉压构件计算截面应力的叠加原理等。当这些构件上的受力条件改变时,这些公式、原理是否具有普遍意义,也是需要通过实验验证才能加以确定的。此外对于一些近似解答,其精确度也必须通过实验校核后才能在工程设计中应用。可见通过验证性实验不仅可以加深对理论的理解,还可以确定这些理论和某些近似解在工程中的应用范围,因此验证的方法并不是单纯地重复前人的工作,而是推广、修正、发展理论的必要手段。材料力学实验中梁的弯曲正应力实验,杆的偏心拉伸实验,压杆稳定性实验就属于这类实验。

2. 材料的机械(力学)性能实验

材料力学的任务之一就是为工程结构设计合理的构件截面和选择合适的材料,保证构件在服役期内的安全可靠,此即所谓的强度、刚度、稳定性设计。为了满足这些条件就必须了解构件材料的弹性、塑性、强度、韧性、硬度、疲劳等性质,就必须通过拉伸、压缩、扭转、冲击、疲劳等材料力学性能实验让材料的上述力学性能充分地显现出来,并按照标准化的程序测定相应的力学性能参数,作为构件设计的基本依据。

材料的力学性能指标(如屈服极限、强度极限、冲击韧性、持久极限等)虽然是材料的固有属性,但它们与试件的表面加工状态,实验时的加载速度,环境条件(如温度、湿度、周围介质等)有关。为了使实验结果可靠,可以作为构件设计的依据,且应该有一个标准,并必须共同遵循之。为了使在不同时间、不同地点所作的实验结果能够相互比较,应实行统一的实验方法。各个国家都根据本国的具体情况制定了相应的材料实验标准,我国标准的代号为 GB(国家标准)。此外,还有国际标准,其代号为 ISO。当需要进行材料的仲裁实验时,多数以国际标准为依据。标准对试样的取材、加工,实验手段的精度,实验方法及实验数据的处理原则都有详细的规定。此外,由于材料力学性能实验的具体对象是工程材料和由工程材料制成的各种试件,由于工程材料材质的不均匀性,破坏性实验不得不采用多试件的实验结果来综合工程材料的力学性能。又由于某些实验或实验阶段构件在工作负荷下的变形是微小量,需要借助各种变形放大仪表来进行测量。为了减小系统引入的测量误差,非破坏性实验一般要求多次重复或取材料变形增量的优化值作为实验数据。以上这些原则和方法是进行材料力学性能实验时必须遵循的。

3. 应力分析实验

当构件的形状及受力情况比较复杂时,构件的应力和变形一般难以进行理论分析,这时依靠应力分析实验,诸如应变的电测法,光弹性应力分析等,往往能简便地直接获得在实际工况条件下构件中的应力状态。近几年来随着计算机技术的开发应用,结构应力分析的有限元法及其他数值方法得到了迅速的发展和广泛的应用,但有限元法或其他数值解法都必须建立在可靠的力学模型基础上,这样才有可能给出正确的解答。因此,数值解要经过实验来验证,而实验应力分析的方法,甚至在边界条件不确定的情况下都能得出满意的结果,可见应力分析的实验方法是解决工程实际问题的不可或缺的重要途径。

实验应力分析已发展成一门独立的力学分支,该学科的内容相当丰富,目前已有电学的、光学的、声学的以及其他方法。电学方法,有电阻、电容、电感等多种方法,而以电阻应变计测量技术的应用较为普遍,实际效果也较好。电阻应变计不仅可以用于模型实验,而且可以在结构或机械正在运行的条件下进行应变及其他参量(如扭矩、压力差)的测量。利用无线电遥测

技术,还可以进行远距离应变遥测。电容应变计可以在高达 650°C 以上的温度环境中,长期进行应变测量。此外,根据各种特殊的用途,还可以制成相应的传感器,其中电感式传感器多用于位移的测量。

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,以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以及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,可以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 and 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和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。在材料力学实验中安排的几个应力分析实验仅仅是其中最基本的一部分内容。

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: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。

1.3 材料力学实验的特点和要求

实验课不同于课堂的理论教学。首先,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;再则,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,如破坏性实验、动载实验、冲击实验就存在一定的危险性,这就要求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,一般需要几个人相互配合才能很好地完成实验全过程。这就要求有明确的岗位职责,在实验的每个环节都必须严



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。

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、仪器等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,并应写出预习报告。

(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。根据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。静载实验的加载速率应缓慢、均匀,特别是材料的仲裁实验,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在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(不允许重复加载的实验除外),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。

(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,把实验中获得的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)实验结束要及时编写实验报告。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,误差分析及结论。

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值。

实验结果的表示,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和规律性。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)对试样变形的量测,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%。

以上诸条件是实验成功所必备的基本条件和主要要求,在实验全过程中都必须严格遵守。

第2章 实验设备、测试仪器、实验装置及测试原理

本章主要介绍在材料力学实验中常用的实验设备、测试仪器及装置的结构、原理和使用方法。在进行第3~5章中所设置的各项实验之前,应按各项实验中所罗列的实验设备有所选择地仔细阅读本章内容,以便能够安全、顺利地完成任务。此外,由于篇幅所限,在本章里不可能包括所有类型的实验设备、测试仪器和装置,因此,学习本章时,应抓住最基本、最主要的内容,当实际使用的仪器设备在本章里没有涉及时,还应认真阅读该仪器设备的说明书或认真听取实验指导老师的讲解,以便顺利完成实验。

2.1 试验机一般介绍

在材料力学实验中,一般都要对试样施加载荷,这种给试件施加载荷的设备称为材料试验机。试验机按施加载荷的性质可分为静荷试验机和动荷试验机;按工作条件又可分为常温、高温和低温试验机;按试样的变形形式又可分为拉力、压力和扭转等试验机。如果同一台试验机能兼作拉伸、压缩和弯曲等多种试验,则称之为万能材料试验机。按试验机的加载、测力方式来分,试验机还分为机械式、液压式和电子式等。常用的材料试验机有拉力试验机、压力试验机、扭转试验机、冲击试验机和疲劳试验机等。

试验机的种类虽然很多,但一般都是由加载和测力两个基本部分组成的。

一、加载部分

试验机的加载部分是对试件施加载荷的装置,除油泵外,主要安装在如图2.1所示的右边部分(对液压式万能试验机而言)。所谓加载,一般都是利用一定的动力和传动装置,使试件受到力的作用从而使试件发生变形。

二、测力部分

试验机的测力部分是传递和指示试件所承载荷大小的装置,液压式万能试验机的测力装置主要安装在图2.1的左边部分,电液伺服万能试验机则往往用电子式力传感器作测力装置。试验机一般还有一种称为自动绘图器的装置,它可以在试验过程中,自动地画出试件所承载荷与变形之间的关系曲线,电液伺服万能试验机的试验记录由计算机完成。

为了保证试验结果的可靠性,试验机要满足一定的技术条件,其标准由国家统一规定。其中重要的规定之一是要求试验机载荷的示值误差在 $\pm 1\%$ 以内,试验机安装时或使用一定期限后,都要进行检定(此项工作由国家计量管理机关统一进行),不合格的应进行检修。检定方法可参阅“材料试验机检定规程”。

2.2 液压式万能材料试验机

液压式万能材料试验机是最常用的一种试验机。类型很多,但一般只是外形和测力范围不同,其结构原理基本相同。试验机外形如图 2.1 所示,其构造原理如图 2.2 所示。

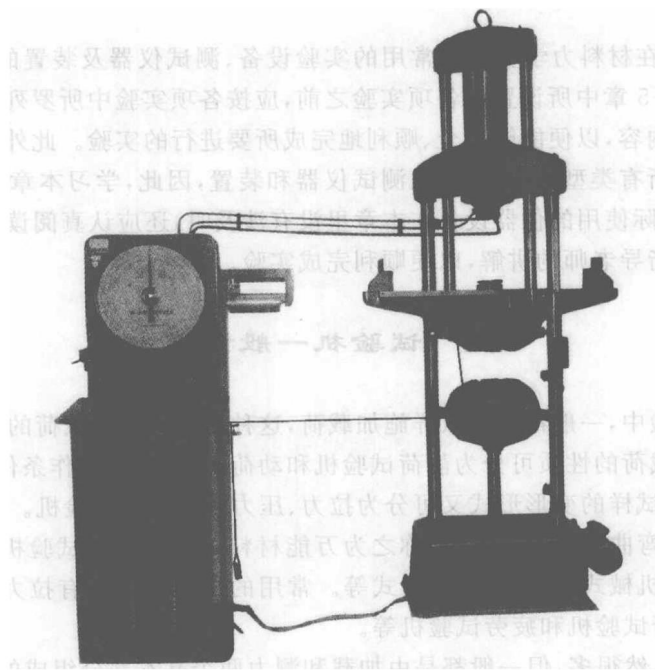


图 2.1 液压式万能材料试验机外形图

一、构造及工作原理

1. 加载部分

在底座 1 上由两根固定立柱 2 和固定横梁 3 组成承载框架。工作油缸 4 固定于框架上。在工作油缸的活塞 5 上,支撑着由上横梁 6、活动立柱 7 和活动平台 8 组成的活动框架。当油泵 16 开动时,油液通过送油阀 17,经送油管 18 进入工作油缸,把活塞 5 连同活动平台 8 一同顶起。这样,如把试样安装于上夹头 9 和下夹头 12 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。若把试样置放于两个承压垫板 11 之间,或将受弯试样置放于两个弯曲支座 10 上,则因固定横梁不动而活动平台上升,试样将分别受到压缩或弯曲。此外,实验开始前如欲调整上、下夹头之间的距离,可开动电机 14,驱动螺杆 13,便可使下夹头 12 上升或下降。但电机 14 不能用来给试样施加拉力。

2. 测力部分

加载时,开动油泵电机,打开送油阀 17,油泵把油液送入工作油缸 4,并顶起工作活塞 5 给试样加载;同时,油液经回油管 19 及测力油管 21(这时回油阀 20 是关闭的,油液不能流回油箱 37),进入测力油缸 22,并压迫测力活塞 23,使它带动拉杆 24 向下移动,从而迫使摆杆 26 和

摆锤 25 连同推杆 27 绕支点偏转。推杆偏转时,推动齿杆 28 作水平移动,于是驱动示力盘 30 的指针齿轮,使示力指针 29 绕示力度盘 30 的中心旋转。示力指针旋转的角度与测力油缸活塞上的总压力(即拉杆 24 所受拉力)成正比。因为测力油缸和工作油缸中油压压强相同,所以两个油缸活塞上的总压力成正比(与活塞面积之比)。这样,示力指针的转角便与工作油缸活塞上的总压力,亦即试样所受载荷成正比。经过标定便可使指针在示力度盘上直接指示载荷的大小。

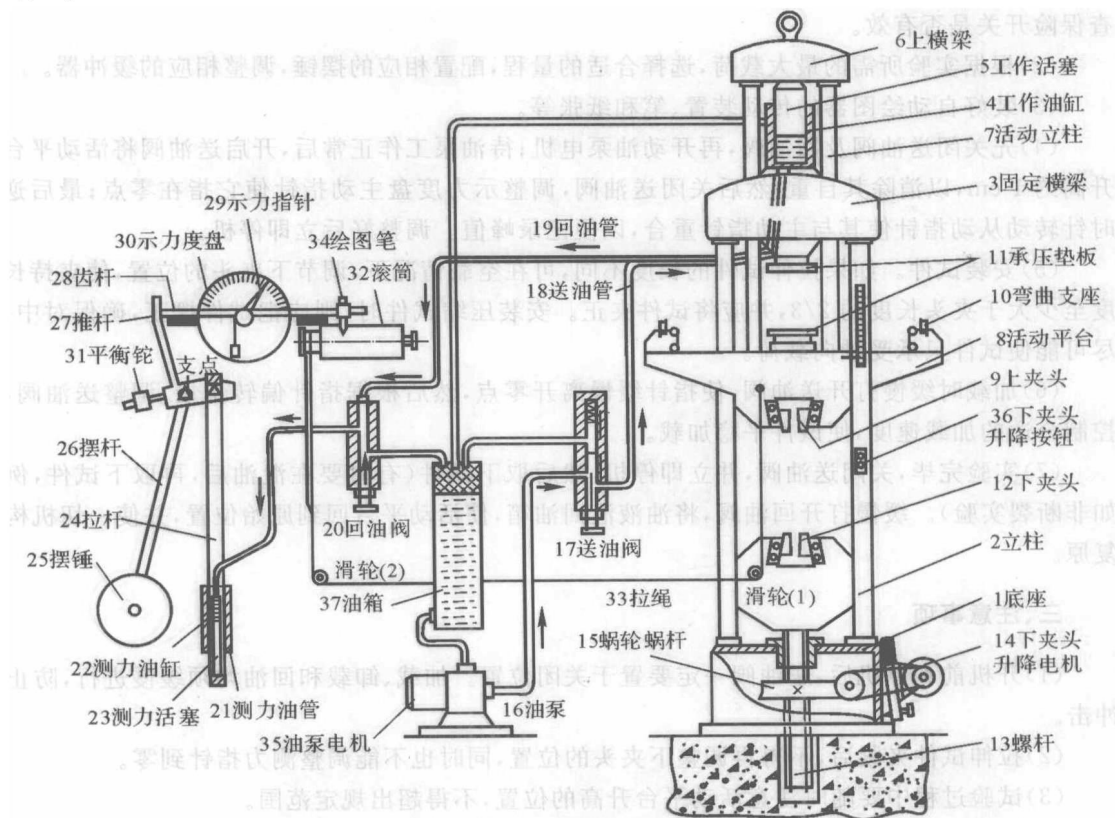


图 2.2 液压式万能材料试验机结构原理图

试验机一般配有质量不同的摆锤,可供选择。对质量不同的摆锤,使示力指针转同样的转角,所需油压并不相同,即载荷并不相同。所以,示力度盘上由刻度表示的测力范围应与摆锤的质量相匹配。例如 WE—30 型万能材料试验机的 3 种度盘如下:

锤 重	度 量
A	0~60 kN
A+B	0~150 kN
A+B+C	0~300 kN

实验时,为了保证测量载荷的精度,要根据试件情况事先估算载荷大小,再选用适宜的测力度盘。

3. 绘图装置

在试验机测力度盘的右侧装有自动绘图器,由记录笔、导轨架、描绘筒和线绳等组成。



的工作原理是,活动平台上升时,由绕过滑轮(1)和(2)的拉绳 33 带动滚筒 32 绕轴线转动,在滚筒圆柱面上构成沿周线表示位移的坐标;同时,齿杆 28 的移动构成沿滚筒轴线表示载荷的坐标。这样,实验时绘图笔 34 在滚筒上就可自动绘出载荷-位移曲线。

二、操作步骤

(1)检查油路上各阀门是否处于关闭位置;检查夹头的类型和规格是否与试件相匹配;检查保险开关是否有效。

(2)根据实验所需的最大载荷,选择合适的量程,配置相应的摆锤,调整相应的缓冲器。

(3)装好自动绘图器的传动装置、笔和纸张等。

(4)先关闭送油阀及回油阀,再开动油泵电机;待油泵工作正常后,开启送油阀将活动平台升高约 1 cm,以消除其自重;然后关闭送油阀,调整示力度盘主动指针使它指在零点;最后逆时针转动从动指针使其与主动指针重合,以便记录峰值。调整好后立即停机。

(5)安装试件。如果拉伸试件的长度不同,可在空载情况下,调节下夹头的位置,使夹持长度至少大于夹头长度的 $2/3$,并应将试件夹正。安装压缩试件时,则应把试件摆正,确保对中,尽可能使试件只承受轴向载荷。

(6)加载时缓慢打开送油阀,使指针缓慢离开零点,然后根据指针偏转快慢,调整送油阀,控制合适的加载速度,使试件平稳加载。

(7)实验完毕,关闭送油阀,并立即停机,然后取下试件(有时要在泄油后,再取下试件,例如非断裂实验)。缓慢打开回油阀,将油液泄回油箱,使活动平台回到原始位置,并使一切机构复原。

三、注意事项

(1)开机前和停机后,送油阀一定要置于关闭位置。加载、卸载和回油均须缓慢进行,防止冲击。

(2)拉伸试件夹紧后,不得再调整下夹头的位置,同时也不能调整测力指针到零。

(3)试验过程中要随时注意活动平台升高的位置,不得超出规定范围。

(4)机器开动后,操作者不得擅自离开控制台。若听见异常声音或发现任何故障都必须立即停机。

(5)当试件将要受载时,立即减慢活动平台上升速度(关小送油阀门),以防止试件受到冲击载荷。

(6)若加载过程中,油泵停止了工作,需要再启动油泵时,必须先回油降压,禁止在高压下启动油泵。

2.3 电子万能试验机

电子万能试验机是一种把电子技术和机械传动相结合的新型试验机,它具有准确的加力速度和测力范围,能实现恒载荷、恒应变、恒位移自动控制;配用电脑,使试验机的操作自动化,试验程序化;试验曲线可在电脑屏幕上直接显示,试验结果可以直接打印。现以 CSS—44200 电子万能试验机为例进行简要介绍,其外形如图 2.3 所示。

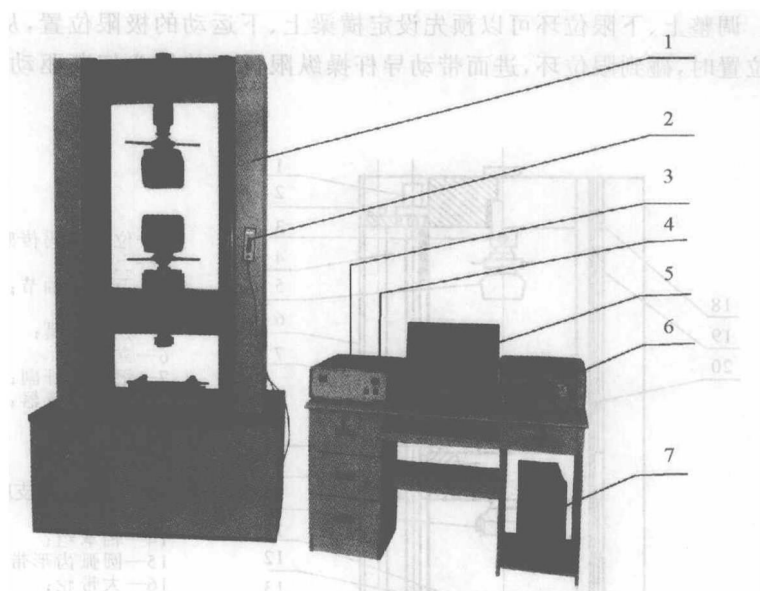


图 2.3 电子万能试验机布局图

1—主机；2—手动操作盒；3—EDC 控制器；4—功率放大器；5—计算机显示器；6—打印机；7—计算机主机

一、主机部分

电子万能试验机主机主要由负荷机架、传动系统、夹持系统和位置保护装置四部分组成，如图 2.4 所示。

1. 负荷机架

负荷机架由四立柱支承上横梁与工作台板构成门式框架，两丝杠穿过动横梁两端并安装在上横梁与工作台之间。工作台板由两个支脚支承在底板上，且机械传动减速器也固定在工作台板上。工作时，伺服电机驱动机械传动减速器，进而带动丝杠转动，驱使动横梁上下移动。试验过程中，力在门式负荷框架内得到平衡。

2. 传动系统

传动系统由数字式脉宽调制直流伺服系统、减速装置和传动带轮等组成。执行元件采用永磁直流伺服电机，其特点是响应快，而且该电机具有高转矩和良好的低速性能。由与电机同步的高性能光电编码器作为位置反馈元件，从而使动横梁获得准确而稳定的试验速度。

3. 夹持系统

对于 100 kN 和 200 kN 规格的电子万能试验机，在拉伸夹具的上夹头均安装有万向联轴节，它的作用是消除由于上、下拉伸夹具的不同轴度误差带来的影响，使试样在拉伸过程中只受到沿轴线方向的单向力，并使该力准确地传递给负荷传感器。但是 500 kN 规格的电子万能试验机的夹具不用万向联轴节，而是通过连杆直接与夹具刚性连接。对于双空间结构的电子万能试验机（如 100 kN 和 200 kN 规格的试验机），下夹头安装在动横梁上。对于单空间结构的电子万能试验机（如 500kN 的试验机），下夹头直接安装在工作台板上。

4. 位置保护装置

动横梁位移行程限位保护装置由导杆，上、下限位环以及限位开关组成，安装在负荷机架

的左侧前方。调整上、下限位环可以预先设定横梁上、下运动的极限位置,从而保证当动横梁运动到极限位置时,碰到限位环,进而带动导杆操纵限位开关触头切断驱动电源,动横梁立即停止运行。

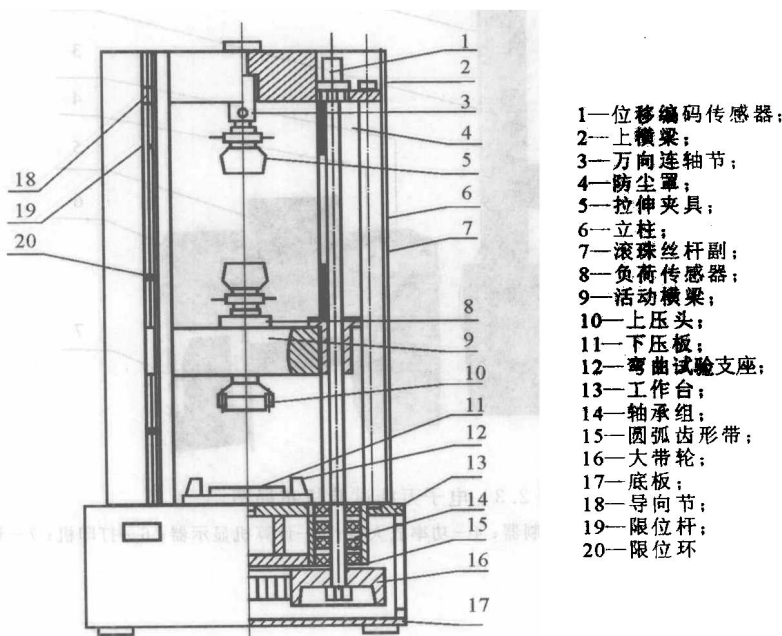


图 2.4 电子万能试验机主机结构图

5. 数字控制器

数字控制系统由 EDC 数字控制器和直流功率放大器组成。其中功率放大器的作用在于功率放大、驱动和控制电机。通常情况下,数字控制器与计算机相连,利用计算机软件控制和完成各种实验。

二、测量系统

电子万能试验机测量系统包括载荷测量、试样变形测量和活动横梁的位移测量三部分。

1. 载荷测量

载荷测量是通过负荷传感器来完成的。负荷传感器为应变片式拉、压力传感器,由于这种传感器以电阻应变片为敏感元件,并将被测物理量转换成为电信号,因此便于实验测量数字化和自动化。应变片式拉、压力传感器有圆筒式、轮辐式两种类型,本试验机采用轮辐式传感器。如图 2.5 所示,应变片通常接成全桥以提高其灵敏度和实验温度补偿。

轮辐式拉、压力传感器的弹性元件为四根应变梁,从图中可知轮轴处受到载荷 F 作用后,四根应变梁受到剪切力,在梁的 45° 的方向和 -45° 方向分别受到拉应变和压应变,故与传感器受拉方向成 45° 方向贴四枚应变片 R_1, R_2, R_3, R_4 , 与传感器受拉力方向成 -45° 方向贴四枚应变片 R_5, R_6, R_7, R_8 , 然后把对称且同一方向的应变片两两串联组成测量电桥。当载荷变化时被测应变片的电信号量同时也发生变化,应变片电测原理详见本章第 16 节电测法原理简介。

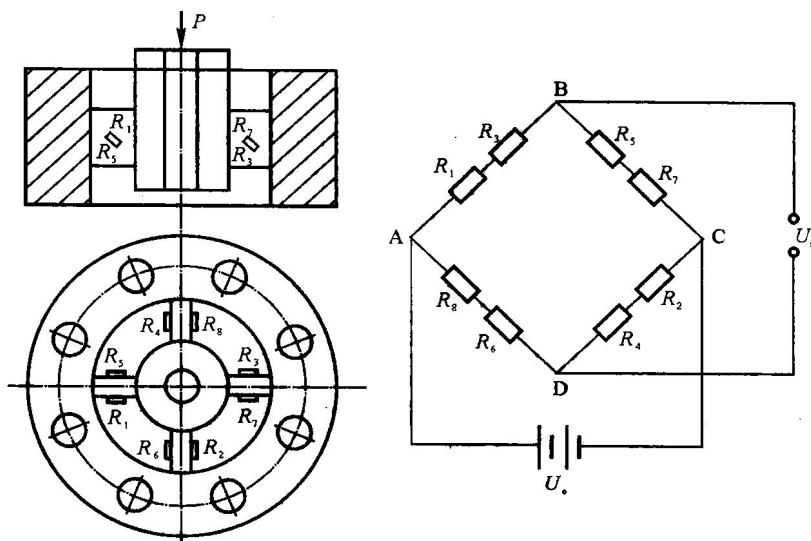


图 2.5 轮辐式拉压传感器

2. 变形测量

试样的伸长变形量是通过变形传感器来测得的。变形传感器为应变式轴向引伸仪。引伸仪主要由刚性变形传递杆、弹性元件及贴在其上的应变片和刀刃等部件所组成。引伸仪的初始标距，其长度靠定位销插入销孔来确定。实验前，将引伸仪装夹于试样上，当两刀刃以一定压力与试样接触，刀刃就与接触点保持同步移动，试样变形就准确地传递给引伸仪，该压力通过绑在试样上的橡皮筋得到，于是，在传递杆带动下，引伸仪的弹性元件产生弯曲应变 ϵ 。从几何关系可以得到，在一定范围内 ΔL 与 ϵ 可视为正比关系，故测得 ϵ 后，就可以知道试样的伸长 ΔL ，然后通过控制器并经放大后输入计算机。

3. 位移测量

活动横梁相对于某一初始位置的位移量是借助丝杠的转动来实现的，滚珠丝杠转动时，装在滚珠丝杠上的光电编码传感器输出的脉冲信号经过转换而测得。

三、操作步骤

(1) 试验机准备：使用 CSS-44200 电子万能试验机，打开试验机钥匙开关，打开电脑主机开关，运行试验程序。

(2) 试验机操作练习：点击“联机”按钮，将电脑与试验机连接。利用远控盒的上升、下降、停止键和速度旋钮，练习横梁升、降。利用程序界面上升、下降、停止按钮，设定速度，练习横梁升、降。

(3) 试样录入：点击“试样录入”按钮，设定本次试验组编号，输入每个试样标距、直径。检查试验参数。

(4) 安装试件：先夹试件的上端，之后将试验力清零，上升横梁到合适位置，再夹紧试件下端，试件上下夹紧后试验力就不能清零了。

(5) 正式试验：点击“试验开始”按钮，启动拉伸试验程序，进行试件拉伸。观察载荷-变形