



高等院校精品课程实验教材

GAODENG YUANXIAO JINGPIN KECHENG SHIYAN JIAOCAI

工程力学实验

(理论力学与材料力学实验)

王杏根 胡鹏 李誉 编著

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

TB12-33/6

2008

高等院校精品课程实验教材

工程力学实验

(理论力学与材料力学实验)

王杏根 胡鹏 李誉 编著

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

工程力学实验(理论力学与材料力学实验)/王杏根 胡 鹏 李 誉 编著.
—武汉:华中科技大学出版社,2008年3月

ISBN 978-7-5609-4401-2

I.工… II.①王… ②胡… ③李… III.①工程力学-实验-高等学校-教材
②材料力学-实验-高等学校-教材 ③理论力学-实验-高等学校-教材 IV.TB12-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 026076 号

工程力学实验(理论力学与材料力学实验) 王杏根 胡 鹏 李 誉 编著

策划编辑:周芬娜

责任编辑:周芬娜

责任校对:张 梁

封面设计:潘 群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:12.5

字数:225 000

版次:2008年3月第1版

印次:2008年3月第1次印刷

定价:20.00元

ISBN 978-7-5609-4401-2/TB·100

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

前 言

教育部面向 21 世纪“工科本科力学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目于 1996 年 1 月启动,华中科技大学力学系是主持单位之一。作者对实验教学改革进行了认真总结,结合多年从事基础力学实验教学的体会,在独立设课、多轮试点、反复修改的基础上于 2002 年编写出版了《工程力学实验》一书。《工程力学实验》涉及“理论力学实验”和“材料力学实验”。工程力学实验不仅可以帮助学生深入理解、掌握课程的理论内容,更重要的是可以帮助学生提高动手能力,培养创新精神。由于工程力学有很强的工程背景,因此通过工程力学实验,使学生利用实验手段观察力学实验现象,探索力学实验规律,训练力学实验基本技能,为解决工程实际力学问题奠定良好的力学实验基础。

为适应我国高等学校教育改革的要求,近五年来,工程力学实验教学无论从实验内容、实验方法、实验手段等方面均发生了很大变化。基本实验质量得到全面提升,一批新开发的综合性、设计型实验逐渐成熟,因此对原教材作全面修订已非常必要。

本书首先在体系方面作了调整,将实验内容归结为材料的力学性能实验、电测应力分析实验和动力学与结构动态特性实验三个部分。考虑到学生实验学时有限,为此将同一类型实验(受力形式相同,如材料的拉伸与压缩实验、材料的扭转实验、梁的弯曲实验和组合变形实验等;或属性相同,如理论力学组合实验、振动实验和动应力实验等)归并为一,这些实验实际上是由系列实验所组成的,学生可以根据学时、要求和兴趣,选择其中之一或多个实验。另外有些实验是一些综合性较强的实验,属提高(扩展)性实验,如复合材料拉伸实验、平面应变断裂韧度 K_{Ic} 测试实验、结构综合实验、陀螺仪实验和刚架的动力吸振实验等,这些实验需要学生综合运用所学知识,认真预习,精心准备,才能较好地完成实验。有部分实验是演示实验,如温度对材料力学性能的影响、疲劳、光测应力、冲击等实验项目,这类实验有助于扩大学生视野。为便于学生掌握电测应力分析内容,增加了电测应力分析基础。为便于学生方便了解实验方法,将有关实验设备、仪器简介附于相应实验之后。各类力学性能指标测试均依据国家标准执行,所采用的相关国家标准(GB)目录附于书末。

本书共安排实验 19 个(组),其中基本实验 7 个(组),选择性实验 12 个(组),选择性实验大多为提高性实验,供不同的专业和不同的学时要求选用。

本书第 1 章 1-2 节及附 1-2、附 1-3、附 1-5 由胡鹏编写;第 4 章由李誉编写;第 1

第 1-4 节由何玉明供稿,第 3 章 3-6 节由郑明亮供稿,第 3 章 3-8 节由匡健供稿,第 4 章 4-2 节由何锃供稿;其余由王杏根编写(部分内容由徐育澄、胡鹏供稿)。全书由王杏根负责统稿。

编者要感谢华中科技大学出版社的支持和有关编辑耐心、细致的工作,特别要感谢编辑为本书出版所付出的辛勤劳动。

由于编者水平有限,书中难免存在一些错误和不足之处,敬请读者批评指正。

王杏根

2007 年 12 月

于华中科技大学

目 录

第 1 章 材料的力学性能实验	(1)
1-1 材料的拉伸与压缩实验	(1)
1-1-1 金属材料的拉伸实验	(1)
1-1-2 金属材料的压缩实验	(9)
1-1-3 用图解法测定金属材料的规定非比例延伸强度 σ_p 实验.....	(14)
1-1-4 用卸荷法测定金属材料的规定残余延伸强度 $\sigma_{r0.2}$ 实验	(17)
1-1-5 确定金属材料的应变硬化指数 n 实验	(21)
1-1-6 复合材料拉伸实验	(24)
1-2 金属材料的扭转实验	(32)
1-3 测定平面应变断裂韧度 K_{Ic} 实验	(42)
1-4 超声法测定材料的弹性常数实验	(51)
1-5 温度对材料力学性能的影响实验	(54)
1-6 冲击实验	(55)
1-7 疲劳实验	(59)
第 2 章 应变电测技术基础	(64)
2-1 概述	(64)
2-2 电阻应变片工作原理	(64)
2-3 应变测量电路与测试技术	(65)
2-3-1 应变测量电路	(65)
2-3-2 几种常用的组桥方式	(67)
2-3-3 内力分离	(68)
2-3-4 平面应力状态主应力测定原理	(72)
第 3 章 电测应力分析实验	(75)
3-1 电阻应变片的黏贴与灵敏系数标定实验	(75)
3-2 梁的弯曲实验	(82)
3-2-1 梁的弯曲正应力实验	(82)
3-2-2 梁的弯曲变形实验	(87)
3-3 组合变形实验	(93)

3-3-1	偏心拉伸(拉、弯或压、弯组合)内力素测定实验	(93)
3-3-2	薄壁圆筒弯扭组合载荷时内力素及主应力的测定实验	(96)
3-3-3	薄壁圆筒受内压、弯、扭组合载荷时内力素及主应力的 测定实验	(101)
3-4	电测法测定材料弹性常数实验	(106)
3-4-1	材料弹性常数 E 、 μ 测定实验	(106)
3-4-2	复合材料偏轴拉伸测定切变模量 G 实验	(110)
3-5	压杆稳定性实验	(112)
3-6	结构综合实验	(116)
3-7	钻盲孔法测量残余应力实验	(119)
3-8	光弹性实验	(121)
第4章	动力学与结构动态特性实验	(125)
4-1	理论力学组合实验	(125)
4-1-1	单自由度弹簧质量系统的刚度和固有频率测试实验	(125)
4-1-2	测试“空中输电线”模型的振幅与风速的关系曲线实验	(127)
4-1-3	求不规则物体重心的实验	(129)
4-1-4	比较渐加、突加、冲击和振动四种不同类型载荷实验	(131)
4-1-5	用三线摆法验证均质圆盘转动惯量理论公式实验	(133)
4-1-6	用等效方法求非均质物体的定轴转动惯量实验	(135)
4-2	陀螺仪实验	(137)
4-3	振动实验	(142)
4-3-1	测试梁的各阶固有频率实验	(142)
4-3-2	测试梁的主振型实验	(146)
4-3-3	阻尼率测试实验	(148)
4-3-4	梁的动态特性测量实验	(151)
4-3-5	刚架的动力吸振实验	(156)
4-4	动应力实验	(166)
4-4-1	轴向应变及横向刚度系数测试实验	(167)
4-4-2	梁受交变载荷时的动应力测试实验	(170)
4-4-3	梁受冲击载荷时的动荷系数测试实验	(173)
4-4-4	旋转轴的动应力测试实验	(176)
4-5	刚性转子的动平衡实验	(188)
	参考文献	(192)
	本书采用的相关国家标准(GB)	(193)

第 1 章 材料的力学性能实验

1-1 材料的拉伸与压缩实验

1-1-1 金属材料的拉伸实验

不同的材料,在不同的载荷、环境作用下表现出不同的力学性能。材料的力学性能由实验确定。常温、静载下的轴向拉伸实验是研究材料力学性能最基本、最常用的实验之一。通过拉伸实验,可以确定材料的最基本的力学性能,如弹性模量、屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和断面收缩率等。选择低碳钢(Q235 钢)和铸铁两种典型材料作拉伸实验,以便对两种材料的力学性能进行比较。

一、实验目的

- (1) 测定低碳钢(Q235 钢)的强度性能指标:上屈服强度 σ_{su} , 下屈服强度 σ_{sl} 和抗拉强度 σ_b 。
- (2) 测定低碳钢(Q235 钢)的塑性性能指标:断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。
- (3) 测定铸铁的强度性能指标:抗拉强度 σ_b 。
- (4) 观察、比较低碳钢(Q235 钢)和铸铁两种材料的力学性能、拉伸过程及破坏现象。
- (5) 学习试验机的使用方法。

二、实验设备和仪器

- (1) 材料试验机(见附 1-2)。
- (2) 电子引伸计(见附 1-2)。
- (3) 游标卡尺。

三、实验试样

为使实验结果可以相互比较,必须对试样、试验机及实验方法做出明确具体的规

定。国标 GB/T228—2002 “金属材料室温拉伸试验方法”中规定,对金属拉伸试样通常采用圆形和板状两种试样,如图 1-1 所示。它们均由夹持、过渡和平行三部分组成。夹持部分应适合于试验机夹头的夹持。过渡部分的圆弧应与平行部分光滑地连接,以保证试样破坏时断口在平行部分。平行部分中测量伸长用的长度称为标距,受力前的标距称为原始标距,记作 l_0 ,通常在其两端划细线标志。

按试样原始标距 l_0 和原始横截面积 A_0 之间的关系分,试样可分为比例试样和定标距试样两种。比例试样的 $l_0 = K \sqrt{A_0}$,系数 K 通常取为 5.65 或 11.3,前者称为短比例试样(简称短试样),后者称为长比例试样(简称长试样)。对圆形试样来说,原始标距分别等于 $5d_0$ 和 $10d_0$ 。一般应采用短比例试样。定标距试样 l_0 与 A_0 无上述比例关系。

国标 GB/T228—2002 中,对试样形状、尺寸、公差和表面粗糙度均有明确规定。本次实验采用 $d_0 = 10 \text{ mm}$ 的圆形截面短比例试样。

四、实验原理

1. 低碳钢(Q235 钢)的拉伸实验(图解方法)

将试样安装在试验机的上下夹头中,引伸计装在试样上,启动试验机对试样加载,试验机将自动绘制出载荷位移曲线($F-\Delta l$ 曲线),如图 1-2 所示。观察试样的受力、变形直至破坏的全过程,可以看到低碳钢拉伸过程中的四个阶段(弹性阶段、屈服阶段、强化阶段和局部变形阶段)。

屈服阶段反映在 $F-\Delta l$ 曲线图上为一水平波动线。上屈服力 F_{su} 是试样发生屈服而载荷首次下降前的最大载荷。下屈服力 F_{sl} 是试样在屈服期间去除初始瞬时效应(载荷第一次急剧下降)后波动最低点所对应的载荷。最大力 F_b 是试样在屈服阶段之后所能承受的最大载荷。相应的强度指标由以下公式计算:

$$\text{上屈服强度} \quad \sigma_{su} = \frac{F_{su}}{A_0} \quad (1-1)$$

$$\text{下屈服强度} \quad \sigma_{sl} = \frac{F_{sl}}{A_0} \quad (1-2)$$

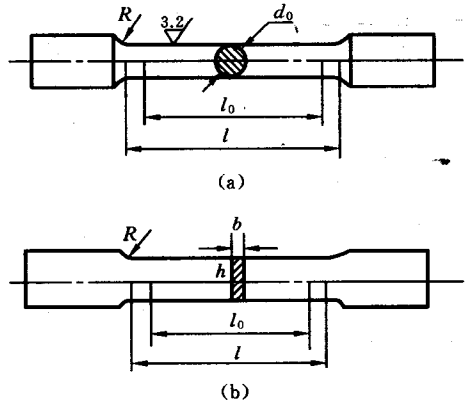


图 1-1 试样

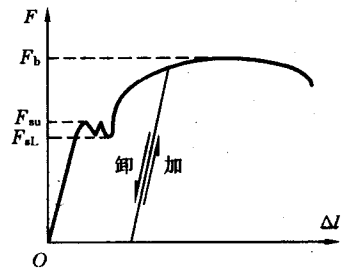


图 1-2 低碳钢拉伸图

$$\text{抗拉强度} \quad \sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (1-3)$$

式中, A_0 为试样原始横截面面积。

在强化阶段任时刻卸载、再加载, 可以观察加载、卸载规律和冷作硬化现象。

在最大力 F_b 以前, 变形是均匀的。从最大力 F_b 开始, 试样局部显著收缩, 产生所谓颈缩。由于颈缩, 使颈缩处截面减小, 致使载荷随之下降, 最后断裂。断口呈杯锥形。

测量断后的标距部分长度 l_u 和颈缩处最小直径 d_u , 按以下两式计算其主要塑性指标:

$$\text{断后伸长率} \quad \delta = \frac{l_u - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中, l_0 为试样原始标距长度。

$$\text{断面收缩率} \quad \psi = \frac{A_0 - A_u}{A_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中, A_0 和 A_u 分别是试样原始横截面面积和断后最小横截面面积。

由于试样的塑性变形集中在颈缩处并向两边逐渐减小, 因此断口位置不同, 标距部分的塑性伸长也不同。若断口在试样中部, 则发生严重塑性变形的颈缩段全部在标距长度内, 标距长度就有较大的塑性伸长量; 若断口距标距端很近, 则发生严重塑性变形的颈缩段只有一部分在标距长度内, 另一部分在标距长度外, 因此, 标距长度的塑性伸长量就小。这说明断口位置对测得的伸长率是有影响的, 为此应用所谓移位法测定断后标距长度 l_1 。

2. 移位法测定断后标距长度

实验前将试样标距分成 10 等份。若断口到邻近标距端距离大于 $l_0/3$, 则可直接测量标距两端点间的距离; 若断口到邻近标距端距离小于或等于 $l_0/3$, 则应用所谓移位法(亦称为补偿法)测定: 在长段上从断口 O 点起取长度基本上等于短段格数的一段得 B 点, 再由 B 点起取等于长段所余格数(偶数)之半得 C 点(见图 1-3(a)); 或取所余格数(奇数)减 1 与加 1 之半得 C 与 C_1 点(见图 1-3(b)); 移位后的 l_1 分别为 $AO + OB + 2BC$ 或者 $AO + OB + BC + BC_1$ 。

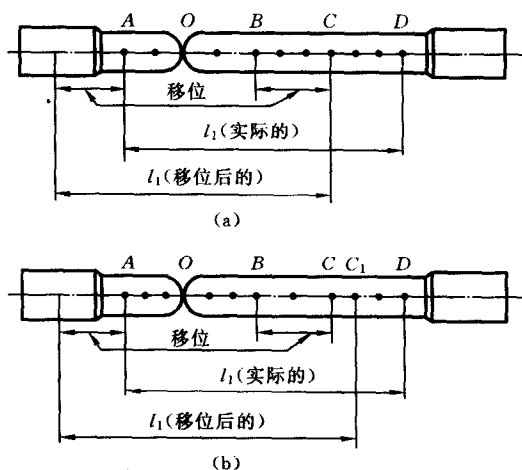


图 1-3 移位法测定断后标距

测量时, 两段在断口处应紧密对接, 尽量使两段轴线在同一直线上。若断口处形

成缝隙,则此缝隙应计入 l_1 内。

对于材料相同、尺寸不同的试样,测得的伸长率不同。据实验知,试样颈缩前的均匀塑性伸长变形 Δl_B 由试样的原始标距 l_0 决定,即

$$\Delta l_B = \beta l_0 \tag{a}$$

试样颈缩后的局部塑性伸长变形 Δl_u 由试样的原始横截面面积 A_0 决定,即

$$\Delta l_u = \gamma \sqrt{A_0} \tag{b}$$

$$\text{总的塑性伸长变形} \quad \Delta l_K = \Delta l_B + \Delta l_u = \beta l_0 + \gamma \sqrt{A_0} \tag{c}$$

$$\text{于是} \quad \delta_K = \frac{\Delta l_K}{l_0} = \beta + \gamma \frac{\sqrt{A_0}}{l_0} \tag{d}$$

式中, β, γ 是与材料有关的常数。

要使材料相同、尺寸不同的试样能测得相同的伸长率,必须使 $\frac{l_0}{\sqrt{A_0}}$ 是常数,为此

国标选定 $\frac{l_0}{\sqrt{A_0}} = 5.56$ 或 11.3 , 对于圆柱试样,就相当于 $l_0 = 5d_0$ (短试样) 或 $l_0 = 10d_0$ (长试样)。

用短试样测得的断后伸长率记为 δ_5 , 用长试样测得的断后伸长率记为 δ_{10} 或 δ 。显然, $\delta_5 > \delta_{10}$, 由实验知, 对同种金属材料 δ_5 比 δ_{10} 大 $1.2 \sim 1.5$ 倍。

工程上把 $\delta > 5\%$ 的材料称为塑性材料, 把 $\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料。

3. 铸铁的拉伸实验

铸铁拉伸时没有屈服阶段, 拉伸曲线稍微弯曲, 在变形很小的情况下即断裂(见图 1-4), 断口为平端口。因此对铸铁只能测得抗拉强度 σ_b , 即

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \tag{1-6}$$

铸铁的抗拉强度远低于低碳钢的抗拉强度。

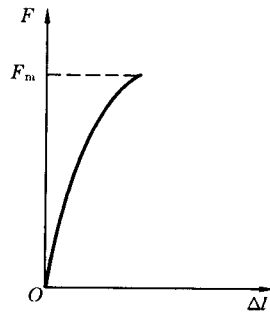


图 1-4 铸铁拉伸

五、实验步骤

1. 测量试样尺寸

(1) 划线。在试样两端划细线标志标距(取 $l_0 = 10d_0$, 或 $l_0 = 5d_0$) 范围。若采用移位法测量延伸率, 则需将标距划分成 10 等份(或 5 等份)。

(2) 直径 d_0 。在试样标距两端和中间三个截面上测量直径, 每个截面在相互垂直方向各测量一次, 取其平均值。用三个平均值中最小者计算试样横截面面积, 数据列表记录。

(3) 标距长度 l_0 。量取标距计算长度 l_0 。

表 1-2 试样断后尺寸

断后标距 l_0/mm	断后颈缩处最小直径 d_u/mm			断后最小横截面面积 A_u/mm^2
	1	2	平均	

2. 实验数据处理

(1) 低碳钢。据 $F-\Delta l$ 曲线(拉伸图)确定上屈服力 F_{su} 和下屈服力 F_{sl} 点的位置,并计算其大小,按式(1-1)~式(1-3)计算上屈服强度 σ_{su} 、下屈服强度 σ_{sl} 和抗拉强度 σ_b ,按式(1-4)和式(1-5)计算断后伸长率 δ 和断面收缩率 Ψ 。

(2) 铸铁。据试样所承受的最大力值 F_b ,按式(1-6)计算抗拉强度 σ_b 。

七、实验报告

实验报告内容包括:实验目的,设备名称、型号。要求简述实验原理,填写原始实验数据,进行实验数据的分析与处理等相关内容。绘制试样断裂后示意图。采用移位法测定伸长率时要求绘制断裂处与各标距点间的相对位置。

八、思考题

1. 为什么拉伸实验又称为静拉伸实验? 拉伸实验可以测定哪些力学性能? 何谓比例试样?

2. 有材料和直径均相同的长试样和短试样各一个,用它们测得的伸长率、断面收缩率、下屈服强度和抗拉强度是否基本相同? 为什么?

3. 低碳钢试样拉伸实验曲线显示,其断裂时的载荷比最大载荷 F_b 小,若按公式 $\sigma = \frac{F}{A_0}$ 计算断裂时的应力,则计算得到的应力会比抗拉强度 σ_b 小。为什么“应力减小后”试样反而断裂?

4. 铸铁试样拉伸,断口为何是平截面? 为何断口位置大多发生在根部?

5. 试述比例极限、弹性极限和屈服强度的意义、区别与测定方法。

附 1-1 新旧标准说明

(1) 金属材料室温拉伸实验方法 GB/T228—2002(简称新标准)于 2002 年 7 月修订实施,与 GB228—1987(简称旧标准)比较,在名称、符号等方面均作了较大修改。而目前通用的材料力学教材(包括新出版的教材)仍在沿用原标准 GB228—

1987所规定的符号体系,因此中间尚有一个较长时期的过渡阶段和磨合期。为便于读者阅读,本实验教材力学术语名称采用新标准所使用的名称,符号仍沿用材料力学教材所使用的符号体系。为使读者对新标准有所了解,与本实验教材有关的新旧标准规定的术语名称、符号对照列表于附表1-1中。

附表1-1 新老标准相关力学性能名称、符号对照

新标准(GB/T228—2002)			旧标准(GB228—1987)	
性能名称		符号	性能名称	符号
断面收缩率	percentage reduction of area	Z	断面收缩率	Ψ
断后伸长率	percentage elongation after fracture	A	断后伸长率	δ_5
		$A_{11.3}$		δ_{10}
		A_{rmm}		δ_{rmm}
屈服强度	yield strength		屈服点	σ_s
上屈服强度	upper yield strength	R_{eH}	上屈服点	σ_{sH}
下屈服强度	lower yield strength	R_{eL}	下屈服点	σ_{sL}
规定非比例延伸强度	proof strength non-proportional extension	R_p 如 $R_{p0.2}$	规定非比例伸长应力	σ_p 如 $\sigma_{p0.2}$
规定残余延伸强度	permanent set strength	R_r 如 $R_{r0.2}$	规定残余伸长应力	σ_r 如 $\sigma_{r0.2}$
抗拉强度	tensile strength	R_m	抗拉强度	σ_b

(2) 新旧标准内容的变动不仅仅是名称、符号的变动,有些性能指标的定义或测试方法也作了修改。如抗拉强度测试方法,旧标准是根据拉伸过程中的最大力计算抗拉强度的,而新标准对于呈明显屈服(不连续屈服)现象的金属材料规定以过了屈服阶段之后最大力计算抗拉强度;又如测定断后伸长率的移位法,旧标准规定将标距部分10等份,而新标准规定将标距部分 N 等份;再如,规定非比例伸长应力的测试方法,旧标准对用来图解确定力 F 的 $F-\Delta l$ 图坐标轴的比例作了规定,新标准则无此规定(见1-3节)。

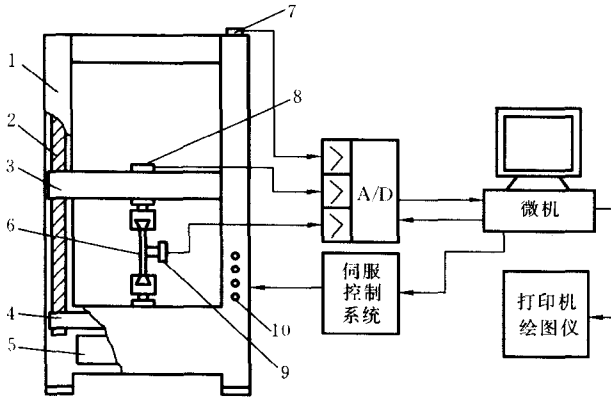
附1-2 电子万能试验机

电子万能试验机是采用各类传感器进行力和变形检测,通过微机(单片机、单板机)控制的新型机械式试验机。由于采用了传感技术、自动化检测和微机控制等较先进的测控技术,它不仅完成拉伸、压缩、弯曲、剪切等常规试验,还能进行载荷或变形循环、恒加载速率、恒变形速率、蠕变、松弛和应变疲劳等一系列静、动态力学性

能试验。具有测量精度高、加载控制简单、试验范围宽等特点。在配备有微机控制的电子万能试验机中,更是提供有较好的人、机交互界面,具备有对整个试验过程进行预设和监控,直接提供试验分析结果和试验报告,试验数据和试验过程再现等优点。

电子万能试验机由于制造厂家不同,其结构和功能略有差异,但其基本结构和工作原理是相似的。主要由机械加载单元、传感器单元、微机控制单元、执行机构单元、输出单元等部分组成。机械加载单元主要完成试验机活动横梁的传动过程;传感器单元主要完成对机械量的检测与转换工作,它由力传感器、变形传感器、位移传感器等组成;微机控制单元主要完成数据采集、数据处理功能以及向执行机构发送控制指令;执行机构单元主要完成对来自微机的控制指令进行解释执行。

现以 WDW-100 型电子万能试验机为例,具体说明其构造原理(见附图 1-1)。该试验机采用微机控制,配备有力传感器、电子引伸计、光电位移编码器等传感器,机械加载部分采用交流伺服控制系统控制滚珠丝杠进行传动。



附图 1-1 WDW-100 电子万能试验机工作原理

- 1 主机; 2 滚珠丝杠; 3 活动横梁; 4 齿轮传动机构; 5 伺服电机;
- 6 试样; 7 光电位移编码器; 8—力传感器; 9 电子引伸计; 10 点动控制按钮

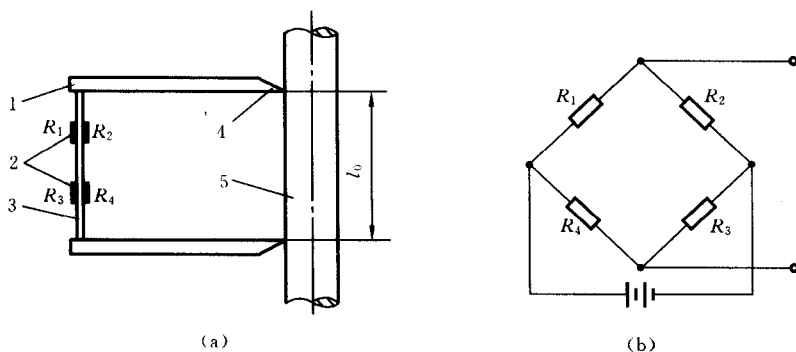
一、工作原理

在测试系统接通电源后,微机按试验前设定的预定值发出横梁移动指令,该指令通过伺服控制系统控制主机内部的伺服电机转动,经过传动带、齿轮等减速机构后驱动左、右丝杠转动,由活动横梁内与之啮合的螺母带动横梁上升或下降。

在装夹试样后,试验机可通过力、变形、位移传感器获得相应的信号,该信号放大后通过 A/D 进行数据采集和转换,并将数据传递给微机,微机一方面对数据进行处理,以图形及数值形式在微机显示器上反映出来;另一方面将处理后的信号与初始设定值进行比较,调节横梁移动输出量,并将调整后的输出量传递给伺服控制系统,从而可达到恒速率、恒应力、恒应变等较高要求的控制需要。

二、电子引伸计

引伸计是专用变形测量装置,有机械式、电子式、光栅式、光学非接触式等多种类型。目前国产电子万能试验机一般都配备电子引伸计。电子引伸计主要由带刀刃的变形传递杆、弹性元件、电阻应变计、标距调整机构以及固定夹具组成,常用的电子引伸计按标距大小,分为标距 50、标距 25 等不同规格。附图 1-2 所示是一种常见的夹式电子引伸计的结构原理图(标距调整机构和固定夹具未画出)。引伸计的弹性元件上黏贴有 4 枚电阻应变片,这 4 枚电阻应变片组成全桥测量电路。测量时,引伸计的刀刃与试样接触,两刀刃间的初始距离 l_0 称为原始标距。测量原理是,当刀刃间距随着试样的伸长而变化时,变形传递杆带动弹性元件发生弯曲变形,黏贴在弹性元件上的电阻应变片感受到变形,使测量电桥产生输出信号。该输出信号与刀刃间的伸长量成正比,经测量电路调理和放大并经 A/D 转换后,进行数据采集、处理,最终以变形(伸长量)的方式反映出来。



附图 1-2 夹式电子引伸计结构原理

1—变形传递杆; 2—应变片; 3—弹性元件; 4—刀刃; 5—拉伸试样

1-1-2 金属材料的压缩实验

材料受压时的力学性能由压缩实验测定。对两种典型材料低碳钢(Q235 钢)和铸铁作压缩实验,测定两种材料的力学性能,观察、分析压缩过程中的各种现象及破坏情况。

一、实验目的

- (1) 测定低碳钢(Q235)的压缩屈服应力 σ_{sc} 和铸铁的抗压强度 σ_{bc} 。
- (2) 观察、分析、比较两种材料在压缩过程中的各种现象。

二、实验设备和仪器

- (1) 材料试验机(见附 1-3)。
- (2) 游标卡尺。

三、实验试样

一般细长杆压缩时容易产生失稳现象,因此在金属压缩实验中常采用短粗圆柱形试样。其公差、表面粗糙度、两端面的平行度和对试样轴线的垂直度在国标 GB/T7314—2005中均有明确规定。

目前常用的压缩实验方法是两端平压法。由于试样两端面不可能理想地平行,实验时必须使用球形承垫(见图 1-5(a)),试样应置于球形承垫中心,藉球形承垫自动调节实现轴向加载。由于试样的上下两端与试验机承垫之间会产生很大的摩擦力,阻碍着试样上部及下部的横向变形,导致测得的抗压强度较实际的偏高。当试样的高度相对增加时,摩擦力对试样中部的影响就会相应变小,因此抗压强度极限与比值 h_0/d_0 有关,同时考虑压杆的稳定性因素,为此国家标准对试样高度 h_0 与直径 d_0 之比规定在 1~3 的范围内。

四、实验原理

实验时对试样缓慢加载,试验机自动绘出压缩图(即试验力 F -位移 Δl 曲线)。低碳钢试样压缩图如图 1-5(b)所示。试样开始变形时,服从胡克定律,呈直线上升,此后变形增长很快,材料屈服。此时载荷暂时保持恒定或稍有减小,这暂时的恒定值或减小的最小值即为压缩屈服载荷 F_{sc} 。有时屈服阶段出现多个波峰波谷,则取第一个波谷之后的最低载荷为压缩屈服载荷 F_{sc} 。此后图形呈曲线上升,随着塑性变形的增长,试样横截面相应增大,增大了的截面又能承受更大的载荷。试样愈压愈扁,甚至可以压成薄饼形状(见图 1-5(a))而不破裂,因此测不出抗压强度。

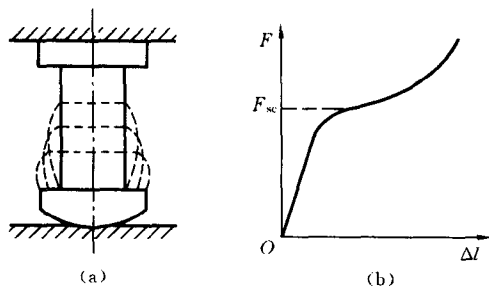


图 1-5 低碳钢试样压缩图

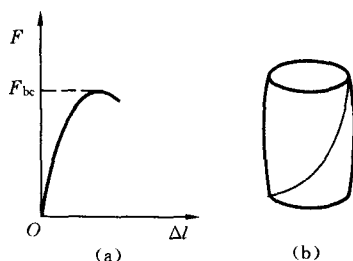


图 1-6 铸铁试样压缩图