

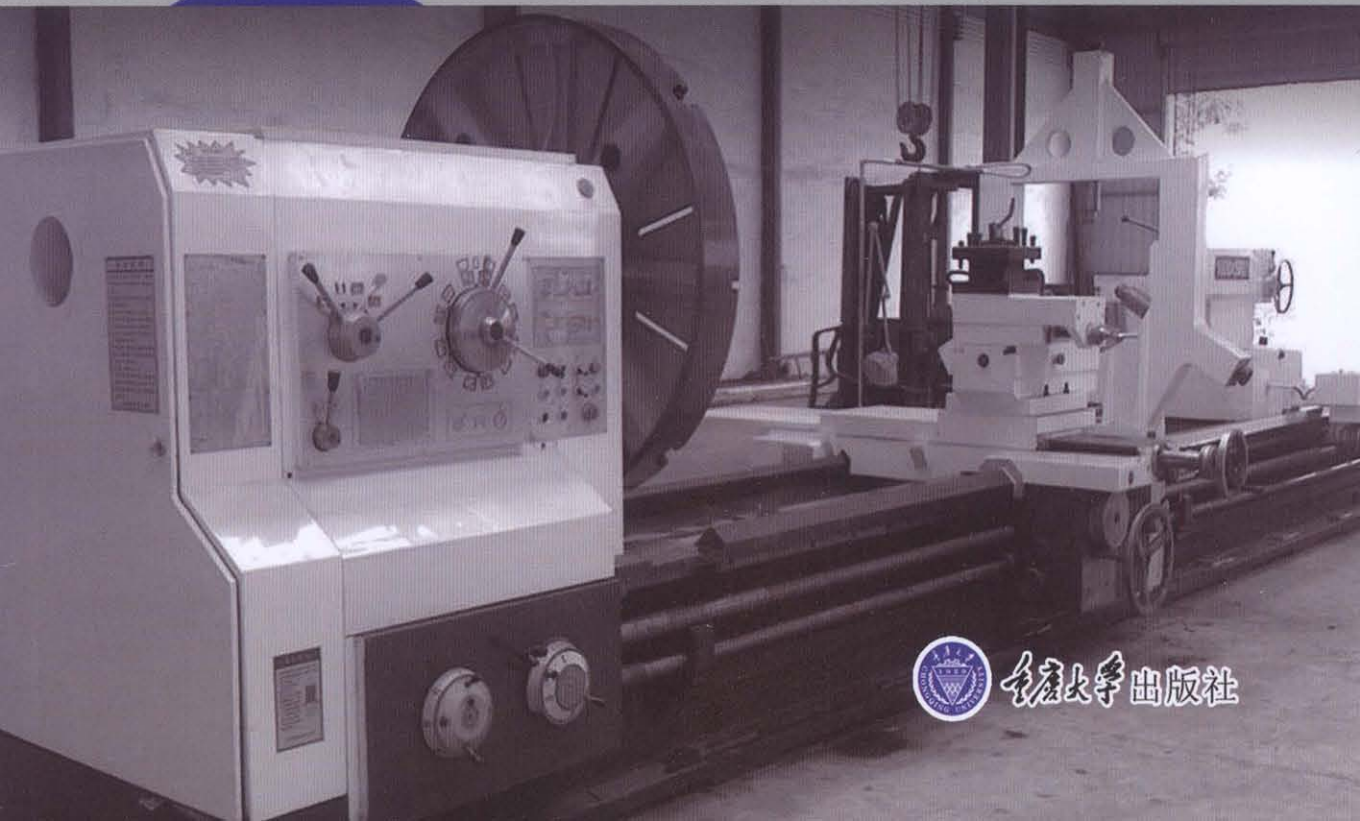


高职高专“十三五”规划教材

机械制造基础实验指导书

JIXIE ZHIZAO JICHU SHIYAN ZHIDAOSHU

主 编○江文清 邓方贞 王珍喜



重庆大学出版社

内容提要

本书是关于金属材料、机械制造技术和公差配合等方面的实验指导书,全书包括 31 个实验项目和附录,其中实验项目一—项目五是关于材料力学性能测试的实验;实验项目六—项目八是关于金属材料热处理及组织观察的实验;实验项目九—项目二十八是关于公差配合与技术测量的实验;实验项目二十九—项目三十一是关于刀具与夹具结构认知的实验;附录是实验报告。书中每个实验项目都由实验目的、实验设备、实验步骤、注意事项、思考题等组成。

本书可作为高职高专院校机械类、近机类各专业“机械制造基础”“公差配合与技术测量”等课程的实验教学用书,也可作为机械制造、机械设计、计量检测工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础实验指导书 / 江文清, 邓方贞, 王珍

喜主编. -- 重庆: 重庆大学出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-5689-0744-6

I. ①机… II. ①江… ②邓… ③王… III. ①机械制
造—实验—高等教育—教学参考资料 IV.

①TH16-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 187266 号

机械制造基础实验指导书

JIXIE ZHIZAO JICHU SHIYAN ZHIDAOSHU

主 编 江文清 邓方贞 王珍喜

副主编 陈勇亮 辛金栋 程志清

策划编辑:鲁 黎

责任编辑:陈 力 姜 凤 版式设计:鲁 黎

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆学林建达印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.25 字数:243 千

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5689-0744-6 定价:28.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

“机械制造基础”是机械类各专业重要的技术基础课,而机械制造基础实验课则是本课程重要的教学环节。根据高职高专关于高技能人才的培养要求和相关院校“机械制造基础”课程教学改革的实际情况,在总结课程教学实践经验的基础上,编写了这本实验指导书,以满足师生的实验需要,并对培养学生的理论联系实际能力、工程实践能力有着重要的作用。

本书是关于金属材料、机械制造技术和公差配合等方面的实验指导书,全部实验项目都是按照最新的国家标准进行编写的;内容紧跟本学科的技术发展,吸纳了很多新技术、新工艺和新方法,从而使教材彰显其科学性、时代性和实用性。全书包括31个实验项目和附录,其中实验项目一—项目五是关于材料力学性能测试的实验;实验项目六—项目八是关于金属材料热处理及组织观察的实验;实验项目九—项目二十八是关于公差配合与技术测量的实验;实验项目二十九—项目三十一是关于刀具与夹具结构认知的实验;附录是实验报告。

本书可作为高职高专院校机械类、近机类各专业“机械制造基础”“公差配合与技术测量”等课程的实验教学用书,也可作为机械制造、机械设计、计量检测工程技术人员的参考用书。

本实验指导书由九江职业技术学院江文清、江西机电职业技术学院邓方贞、九江职业技术学院王珍喜担任主编;江西工业工程职业技术学院陈勇亮、九江职业技术学院辛金栋、江西制造职业技术学院程志清担任副主编。实验项目一—项目八由江文清编写;实验项目九—项目十三由邓方贞编写;实验项目十四—项目十八由辛金栋编写;实验项目十九—项目二十二由陈勇亮编写;实验项目二十三—项目二十六由程志清编写;实验项目二十七—项目三十一由王珍喜编写;全书由辽宁装备制造职业技术学院宋欣颖担任主审。

本书在编写过程中参阅了一些参考资料,并得到了许多专家和老师的指导与帮助,编者在此向相关人员表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2017年4月

目 录

实验守则	1
实验项目一 液压万能材料试验机拉伸试验	2
实验项目二 电子万能试验机拉伸试验	8
实验项目三 冲击试验.....	16
实验项目四 机械硬度计测定硬度.....	19
实验项目五 数显硬度计测定硬度.....	24
实验项目六 铁碳合金平衡组织分析.....	30
实验项目七 钢的热处理.....	36
实验项目八 碳钢热处理后的显微组织观察.....	40
实验项目九 外径千分尺检测轴径.....	44
实验项目十 内径百分表检测孔径.....	48
实验项目十一 立式光学计检测轴径.....	51
实验项目十二 外径比较仪检测轴径.....	55
实验项目十三 万能测长仪检测孔径.....	57
实验项目十四 合像水平仪检测导轨直线度误差.....	62
实验项目十五 打表法检测平板平面度误差.....	67
实验项目十六 光学分度头检测圆度误差.....	70
实验项目十七 箱体零件方向与位置误差检测.....	74
实验项目十八 圆跳动误差检测.....	78
实验项目十九 比较法检验表面粗糙度.....	80
实验项目二十 光切显微镜检测表面粗糙度.....	82
实验项目二十一 万能角度尺检测角度.....	86
实验项目二十二 正弦规检测外圆锥角.....	89
实验项目二十三 螺纹千分尺检测螺纹中径.....	92
实验项目二十四 三针法检测外螺纹中径.....	94
实验项目二十五 工具显微镜检测外螺纹参数.....	97
实验项目二十六 径向跳动检查仪检测齿圈径向跳动 ..	102
实验项目二十七 公法线千分尺检测齿轮公法线长度偏差	104
实验项目二十八 齿厚游标卡尺检测齿厚偏差	106
实验项目二十九 车刀几何角度测量	108
实验项目三十 机床夹具拆装实验	111
实验项目三十一 组合夹具组装实验	117
附录 实验报告	122
参考文献	155

实验守则

1. 实验前作好充分准备,必须认真复习与本次实验有关的教材内容和预习实验指导书,熟悉仪器、设备及实验相关器具的工作原则和初步了解操作要求。

2. 学生应在规定的时间进入实验室,不迟到、不早退,有事要请假,无故不参加实验者,成绩以不及格处理。

3. 进入实验室后,应保持实验室的安静、整洁,不准吃东西、抽烟,不得随地吐痰及乱扔脏物,与实验无关的物品不准带入实验室。

4. 实验前应核对实验用品是否符合要求,如有不符,应及时向指导老师提出,补领或调换。实验前要熟悉仪器的操作规程和注意事项,经指导老师同意后,方可接上电源。

5. 实验过程中要爱护实验设备,小心操作,用力适当,严格按照操作规程使用仪器设备。如发现仪器有故障时,不得擅自拆修,应立即报告指导老师。

6. 学生应积极动手操作,并独立完成实验和实验报告。

7. 实验完毕后,将仪器设备及工具整理好,清理工作现场,并认真填写实验数据,交指导老师检查后,方可离开实验室。

8. 凡不遵守本实验守则经指出不听者,指导老师有权停止其实验。凡损坏仪器设备和实验器材者,要写出书面报告,酌情予以赔款处理,情节严重者除赔款外,尚须给予一定的纪律处分。

实验项目一

液压万能材料试验机拉伸试验

一、实验目的

- ①观察低碳钢、铸铁试样在拉伸全过程中的各种现象。
- ②了解低碳钢、铸铁在拉伸全过程中,抗力和变形的相互关系,并绘制 $P-\Delta l$ 拉伸曲线图。
- ③测定低碳钢的几个主要拉伸机械性能的指标,屈服点 σ_s ,抗拉强度 σ_b ,断面伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ,以及铸铁的抗拉强度极限。

二、实验设备

如图 1.1 所示的是材料力学中通常使用的液压万能试验机。

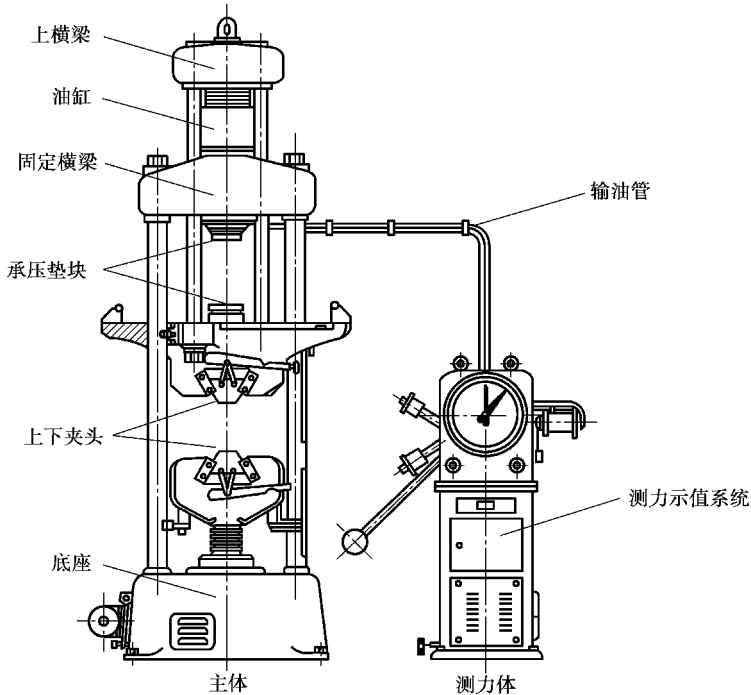


图 1.1 液压万能材料试验机结构图

液压万能材料试验机由机架、加载系统、测力示值系统、载荷位移记录系统以及夹具、附具 5 个基本部分所组成。其中以加载系统、测力示值系统和载荷位移记录系统反映了试验机的主要性能。

三、实验原理

1. 拉伸试验图

一般材料试验机都具有载荷位移记录装置,可将试样的抗力和变形的关系 $P-\Delta l$ 曲线记录下来。

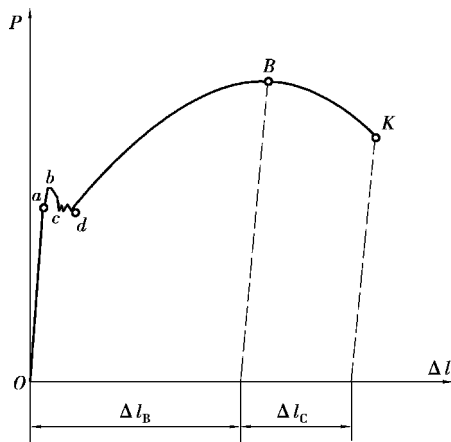


图 1.2 低碳钢拉伸曲线

如图 1.2 所示为低碳钢的 $P-\Delta l$ 曲线图,以说明试样在拉伸全过程中,其抗力和变形的关系。纵坐标表示载荷 P ,单位是千克力(kgf);横坐标表示绝对伸长 Δl ,单位是毫米(mm),整个变化过程,可分为 4 个阶段:

Oa ——弹性阶段。其特征是载荷与伸长呈线性关系,即材料服从虎克定律。

bd ——屈服阶段。 b 为上屈服点, c 为下屈服点, cd 为屈服平台。

dB ——强化阶段。沿试样长度产生均匀塑性变形。

BK ——局部塑性变形阶段。在 B 点,载荷达到最大值 P_B ,以后试样抗力下降而变形继续增加,出现颈缩。这时变形局限于颈缩附近,直到断裂。

本实验遵照国家标准,需测定两个强度指标:屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 和两个塑性指标:伸长率 δ 和截面收缩率 ψ 。

2. 屈服极限的测定

(1) 屈服点 σ_s

按照国家标准规定,对有明显屈服现象的材料,其屈服点可借助于试验机测力度盘的指针或拉伸曲线图来确定。

①指针法:当测力度盘的指针停止转动时的恒定载荷,或第一次回转的最小载荷,即为所求屈服点的载荷 P_s 。

②图示法:在 $P-\Delta l$ 曲线上找出屈服平台的恒定载荷,或第一次下降的最小载荷,即为所求屈服点载荷 P_s 。如图 1.2 的上、下屈服拉伸图,应取下屈服点 c 为屈服载荷 P_s 。因为下屈服点对试验条件的影响较小,其值较稳定。

③屈服点的计算：

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0}$$

式中 A_0 ——试样的原始面积。

(2) 条件屈服点 $\sigma_{0.2}$

对低塑材料或脆性材料,由于屈服现象不明显,在拉伸图上由弹性到弹塑性的过渡是光滑连续的,如图 1.3 所示。根据国家标准规定:试样在拉伸过程中,标距部分的残余伸长达到原标距长度的 0.2% 时的应力为条件屈服极限 $\sigma_{0.2}$ 。

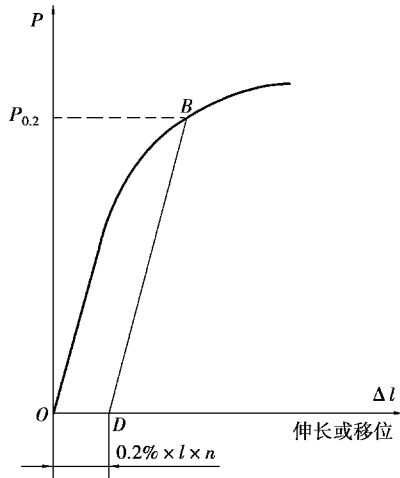


图 1.3 灰铸铁拉伸曲线

①图解法。如图 1.3 所示的 $P-\Delta l$ 曲线,在其横坐标上,截取使 $OD = 0.2\% \times l \times n$,从 D 点作弹性直线段的平行线,交曲线于 B 点,点 B 的纵坐标值,即所求的屈服载荷 $P_{0.2}$ 。式中, l 为上、下夹头间试件的长度, n 为夹头位移的放大倍数,应不小于 50 倍。

②引伸计法。由引伸计法测出试样在残余变形为 0.2% 时所对应的载荷值为屈服载荷 $P_{0.2}$ 。

条件屈服点的计算式为：

$$\sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{A_0}$$

(3) 试验条件

加载速度对屈服极限有影响,一般加载速度增高时, σ_s 也增高。为了保证所测性能的准确性,一般规定拉伸速度为：

- ①屈服前,应力增加的速度为 $1(\text{N}/\text{mm}^2) \cdot \text{s}^{-1}$ 。
- ②屈服后,试验机活动夹头移动速度不大于 $0.5 \text{ L}/\text{min}$ 。

3. 强度极限的测定

根据国家标准规定:向试样连续施加载荷直至拉断。由测力度盘或拉伸曲线上读出最大载荷值 P_{\max} 。抗力强度的计算式为：

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{A_0} (\text{kgf}/\text{mm}^2)$$

4. 塑性指标的测定

塑性是指断裂前材料发生塑性变形的能力。塑性的量值是以断裂后的塑性变形的大小来度量。拉伸时的塑性指标,通常以拉伸时残余相对伸长 δ 表示,称为伸长率,以及断裂时截面相对收缩 ψ 表示,称为截面收缩率。

(1) 伸长率的测定

先在试样的标距长度 l_0 内,用画线器刻画等间距的标点或圆周细线 10 格。每格间距:长试样为 10 mm,短试样为 5 mm。作为拉断后测量应为之用。

断后标距部分长度 l_1 的量测:将试样拉断后的两段,在断口处紧密对齐,尽量使它们的轴线位于同一直线上,按下述方法量测 l_1 :

①直线法:如断口到邻近的标距端点(或端线)的距离大于 $l_0/3$ 时,不可直接量测两端点(线)间的距离 l_1 。

②移位法:如断口到邻近的标距端点(线)的距离小于或等于 $l_0/3$ 时,需移位换算。移位换算方法如下:

在试样的长段上,如图 1.4 所示,从断口“O”处截面取基本等于短段的格数,得到 B 点(即令 $OB = OA$)。接着如图 1.4(a)所示,长段的其余格数为偶数时,则取其一半得 C 点,于是

$$l_1 = OA + OB + 2BC$$

如图 1.4(b)所示,长段其余格数为奇数时,则分别取其减 1 加与加 1 的一半得 C 与 C_1 两点,于是

$$l_1 = AO + OB + BC + BC_1$$

伸长率的计算式为:

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%$$

短、长比例试样的伸长率,分别用 δ_5 和 δ_{10} 表示。

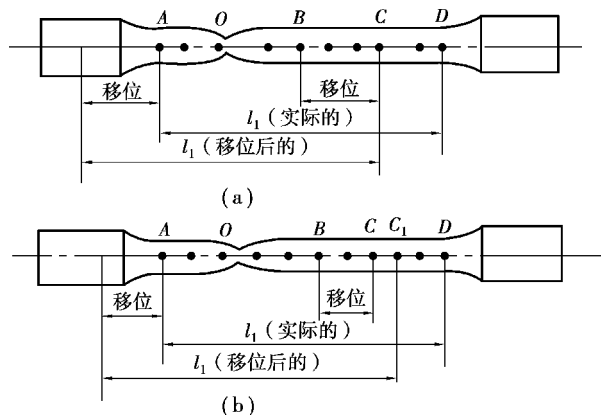


图 1.4 移位法

(2) 截面收缩率的测定

圆形试样拉断后,在颈缩最小处的两个互相垂直方向上量测其直径,以二者的算术平均值,计算颈缩处最小横截面积 A_1 ;板状试样的断口如图 1.5 所示,用颈缩处最大宽度 b_1 乘以最小厚度 a_1 算得断面截面积 A_1 。

截面收缩率的计算式为:

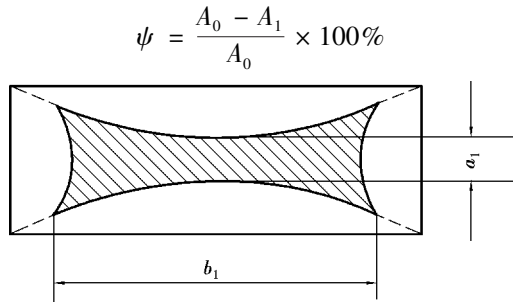


图 1.5 板状试样的断口图

(3) 测量精度和结果处理

按技术标准规定,所量测的量具都应达到 3 位有效数字的精度,计算结果应以 3 位有效数字表达。

如不符合国家规定,断裂在标距端线上或标距端线外,或两个及两个以上的颈缩等情况,实验无效。

5. 拉伸试样

拉伸试样的形状,通常有圆形试样和板状试样两种。在标准中曾规定的“标准圆形试样”(见图 1.6)尺寸为:

$d_0 = 20 \text{ mm}, l_0 = 200 \text{ mm}$, 即 $l_0 = 10d_0$, 称长试样;

$d_0 = 20 \text{ mm}, l_0 = 100 \text{ mm}$, 即 $l_0 = 5d_0$, 称短试样。

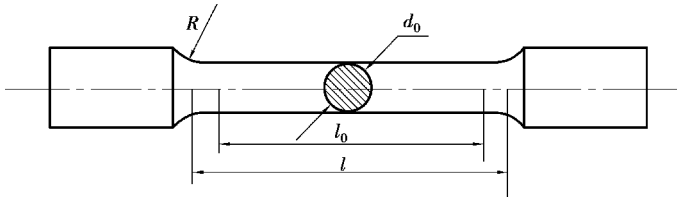


图 1.6

试样标距部分直径 d_0 的允许偏差为 ± 0.2 。试样标距长度内最大与最小直径的允许差值为 0.05。

$$l = l_0 + 10 \text{ mm}, \text{最小 } R = 3 \text{ mm}。$$

试样头部的形状及尺寸,可按材料和试验机的夹具等条件自行设计。

四、实验步骤

1. 测量试样直径

在试样标距长度的两端和中间 3 处用千分尺量测直径,为了消除截面椭圆度的误差,应在每处以相互垂直的方向量测,取算术平均值。在强度计算时,考虑试样从最薄弱处开始破坏,应取 3 处平均直径中的最小直径。测量精度至少达到 0.02 mm。

2. 试样画线

为了观察低碳钢试样拉断后的变形分布情况,在试样的标距长度内,用画线器等间距画 10 格。如长试样间距为 10 mm,短试样则为 5 mm。铸铁试样不必画线。

3. 试验机的准备工作

- ①选择测力度盘,配置相应的砝码,将试验机的测力指针调到零位。
- ②安装试样。
- ③调整载荷位移记录机构。

4. 检查和试车

在教师检查、允许下,以手动或缓慢加载试车,观察测力机构、绘图机构运行是否正常。然后卸载,使测力指针接近回零,将试验机处于待令工作状态。

5. 实验测试

加载人员集中精力,手动或慢速机动操作试验机,使试样受到均匀、缓慢的载荷而变形。

注意观察试样、观察测力指针和记录图在拉伸过程中的全部现象,尤其低碳钢试样在屈服时其表面的变化,测力指针的摆动和记录图的形状;记下指针停止转动时的恒定值或第一次回转的最小值,为屈服载荷 P_s ,临近颈缩时试样表面的变化,颈缩现象,直到试样断裂,记录指针的最大载荷 P_{max} ,取下试样,观察和分析试样断口,以及考察物理现象。

取下记录曲线图,实验完毕,将试验机各机构恢复原位。

6. 测量低碳钢断裂试样

五、注意事项

- ①临开机前,必须仔细检查,排除遗漏和失误。在老师同意的情况下才开动试验机。
- ②开始加载要缓慢,特别是油压试验机,防止油门开得过大,引起载荷冲击突出,容易造成事故。
- ③试样安装必须正确,防止偏斜和夹入过短。
- ④运行时,如发现异常(如声音、气味或机构失灵等),应立即停车,排除故障。

六、思考题

- ①如何读取实验过程中的屈服载荷 P_s ?
- ②什么是条件屈服点?
- ③简述长试样与短试样的区别。
- ④实验过程中加载速度对实验结果有无影响?

实验项目二

电子万能试验机拉伸试验

一、实验目的

- ① 巩固材料试验机的相关知识。
- ② 加深对材料力学性能测定的理解。
- ③ 掌握 DWD-100 型微机控制式电子万能试验机的结构及操作使用。
- ④ 掌握万能试验机进行拉伸试验的方法和数据处理方法。

二、实验设备

本次实验主要是用 DWD-100 型微机控制式电子万能试验机进行拉伸试验。它主要用于各种金属及非金属材料的拉伸、压缩、弯曲、剪切、剥离、撕裂等力学性能试验。配备相应的附件后,在高低温或常温下进行蠕变持久、应力松弛等材料性能试验。

试验机控制系统主要由电机、驱动系统、控制主板、显示面板和试验软件等组成。试验机的整机结构如图 2.1 所示,主要是由上横梁、移动横梁、台面及光杠组成框架式结构,滚珠丝杠固定在上横梁和台面之间,两滚珠丝杠的丝母及两光杠的导套固定在移动横梁上。

电机通过三级同步带轮减速以后带动丝杠旋转,从而推动移动横梁在选定的速度下作直线运动以实现各种试验功能。

1. 拉伸夹头

拉伸夹头又称为楔形夹头,主要是用于夹持金属和硬质非金属材料拉伸试样,该夹头配有 V 形夹头和平夹块,适用于棒状试样和板状试验。夹头结构如图 2.2 所示,由螺杆、螺套、滑块、夹块、把手、夹头体等组成。

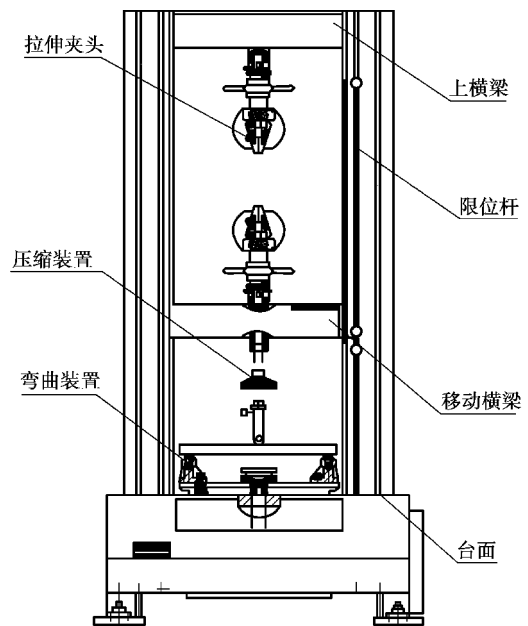


图 2.1 电子万能试验机整机图

当上夹头螺套通过把手左旋时推动夹头体向下移动,使夹块张开;反之,夹块闭合。夹块只能作横向运动,无任何纵向移动,所以夹持试样时对试样不产生轴向力。

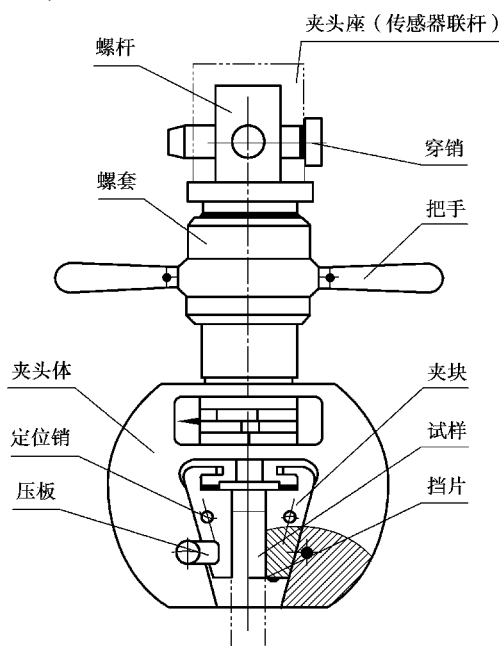


图 2.2 楔形夹头

2. 压缩装置

用于金属材料和非金属材料的压缩试验,其结构如图 2.3 所示。它由上下压盘、球面座、上接头、定位轴等组成,下压盘凸形球面与球面座凹形面形成活动万象节。当压盘承受压力时自动调节上下压盘间的平行度,防止试样受偏载力。

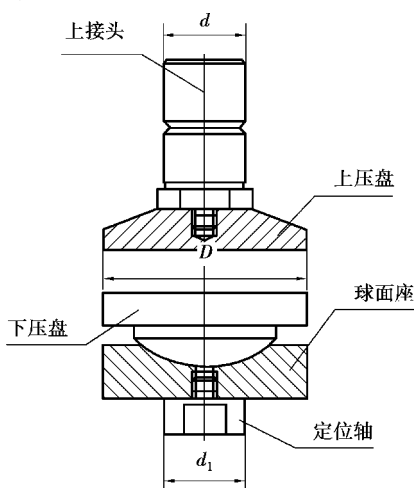


图 2.3 压缩装置

3. 弯曲装置

用于金属和塑料等材料的弯曲试验,其结构如图 2.4 所示。它主要由支承座、导轨、压辊架、压辊、挡片、锁紧钉、压头座等组成。金属试件放在压辊上,其中压辊能在支承座及压头座

中转动,因此,试验时与试样产生滚动,减小摩擦力;平台上镶有标尺,用于支承座的间距调整,支承座上上部刻有标线,用于找正试样横向位置。

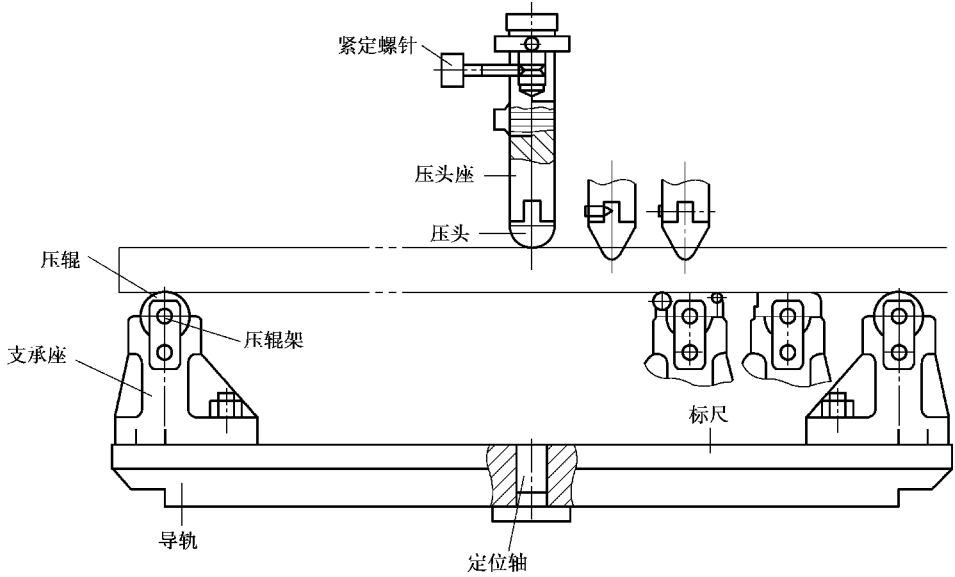


图 2.4 弯曲装置

4. 限位保护机构

为了防止移动横梁超过上下极限位置造成机械事故或使移动横梁能停在设定位置,试验机有一个移动横梁限位保护机构,如图 2.5 所示。主要由限位杆、上下挡块、紧固螺钉、拨叉、

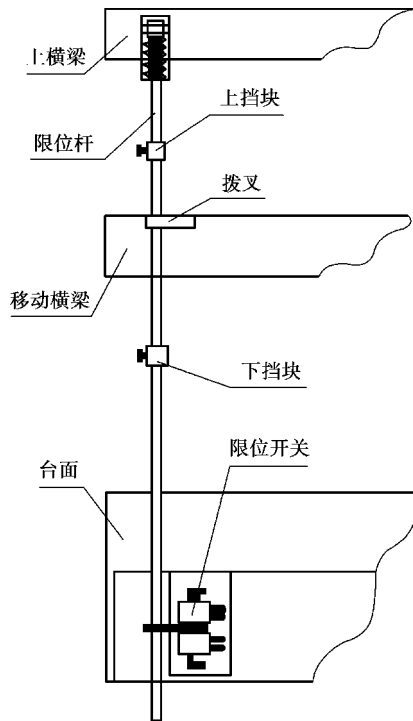


图 2.5 移动横梁限位保护机构

限位开关等组成。当移动横梁上的拨叉碰到挡块时,便通过限位杆、触片碰压限位开关的触点,从而使试验机停车。

三、实验步骤

1. 旋转钥匙开关

启动试验机和计算机,打开试验软件,其界面如图 2.6 所示。

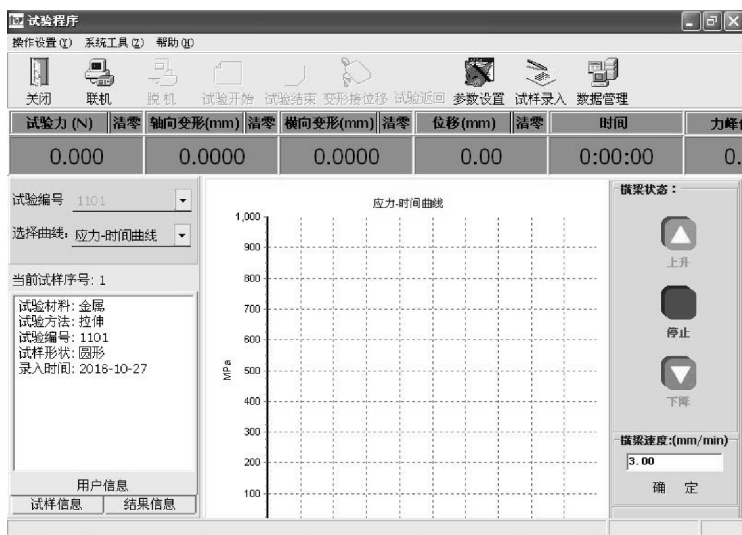


图 2.6 实验软件界面

2. 录入试样

单击“试样录入”,显示页面如图 2.7 所示,带星号的必须录入或选择。

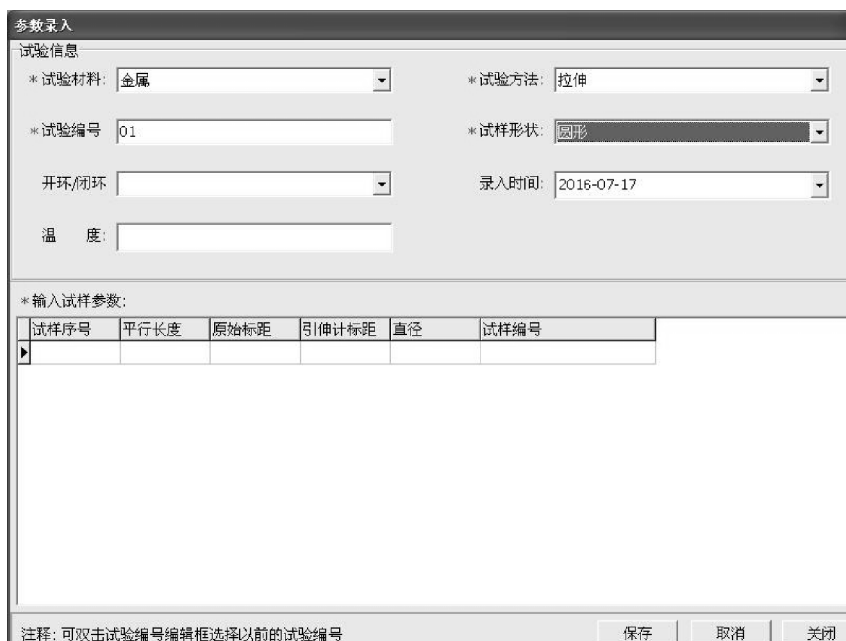


图 2.7 录入试样界面

选择所需的试验材料,如果默认材料与所需材料一致,可不用再次单击材料选择框;选择相应的试验方法,如果默认方法与所要选择的方法一致,可不用再次单击方法选择框;输入试验编号,试验编号即试验组编号,试验编号永远不能重复使用;录入试样参数,试样序号可自动生成,无须录入,其他参数可根据需要录入所需尺寸即可,如果不想录入尺寸,可在任意一个参数项内输入“0”即可,单击保存按钮方可完成试样录入工作。

3. 联机

单击联机按钮,使实验软件与试验机连接。然后选择所需的试验编号。

4. 试样装夹

先将拉伸试样装夹在靠近传感器的一端,之后将试验力清零,移动横梁使试件向上移动,将拉伸试样装夹在楔形夹头的另一端锁紧。

5. 进行参数设置

单击“参数设置”按钮,出现如图 2.8 所示的页面。

试验开始点:大于此点,微机才开始采集试验机发送来的数据,一般情况下,将此值设置为传感器额定值的 4%;引伸计设置:如果不使用引伸计,一定要选择“不使用引伸计”,否则计算结果不正确;横梁速度:即试样的开环试验速度;停车后返回:试验完成后,横梁以输入的返回速率自动返回到开始试验的位置;大变形和小变形:一般金属都使用小变形。

当上述参数设置完成后,单击“下一步”,出现如图 2.9 所示的页面。

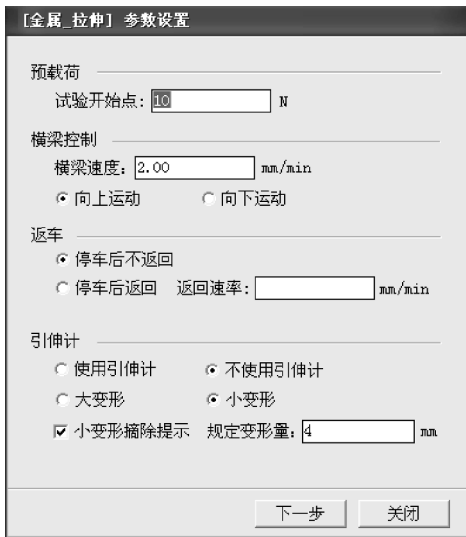


图 2.8 参数设置(一)

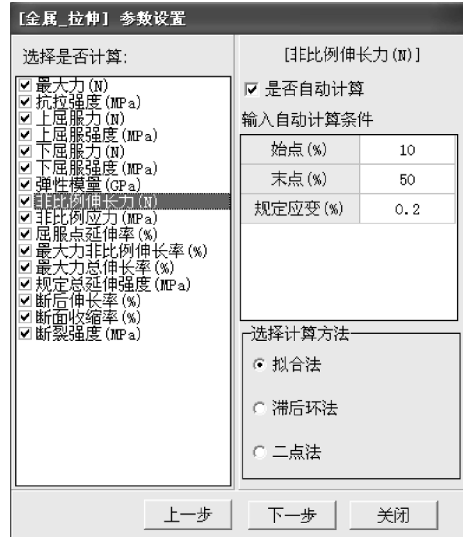


图 2.9 参数设置(二)

选择是否计算,打钩则计算其值,否则不计算其值,此时左边的录入参数无效。选择是否自动计算:如果选择了此项,则要在其正下方录入计算所要用的相关条件,在试验正常结束后,程序将自动按照这些条件进行结果运算,否则将弹出输入该项相关条件的对话框。

当上述参数选择完成后,单击“下一步”,出现如图 2.10 所示的页面。

断裂百分比:试验过程中的最大力值的百分比,如试验过程中最大力值为 100 N,如果断裂百分比设置为 60,则当试验力下降到 $100\text{ N} \times 60\% = 60\text{ N}$ 时,程序将结束试验并计算结果。最大负荷值:一般设置为传感器的最大负荷值,试验过程中,如果试验力大于此值,则试验结束。最大变形量:一般设置为引伸计的最大变形量,试验过程中,如果变形大于此值,则试验自