

张书彬 主编

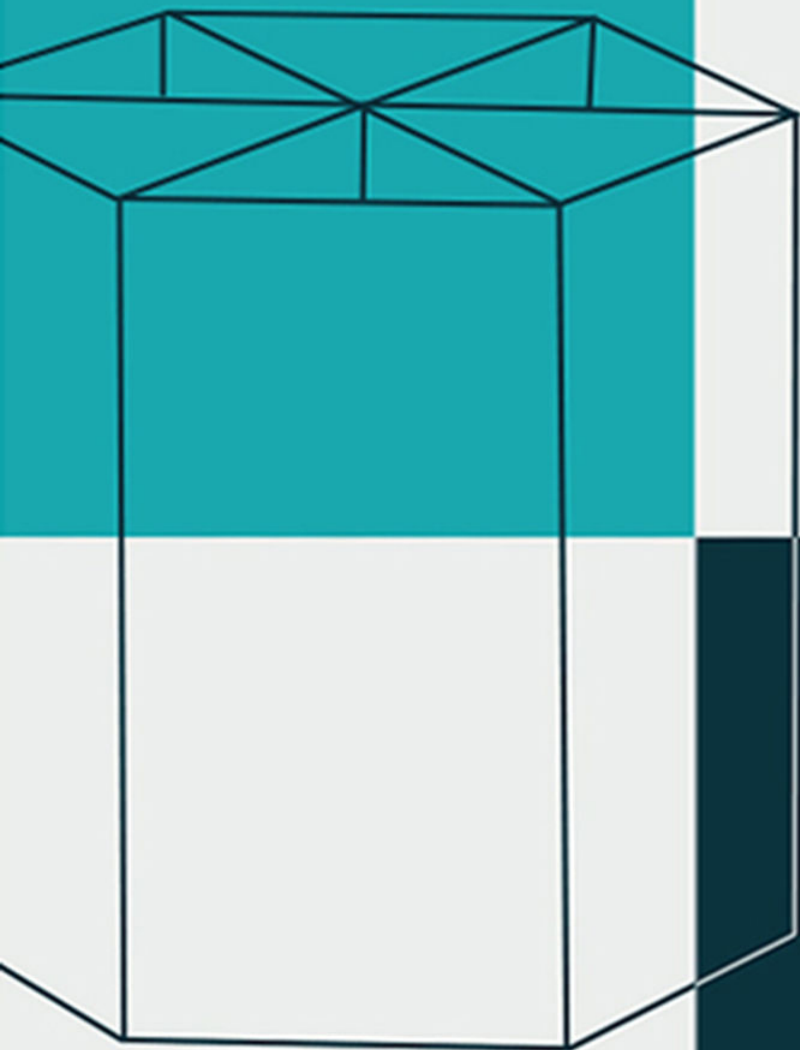
—
BAOZHUANG

GONGCHENG ZHUANYE

SHIYAN ZHIDAO

包装工程专业

实验指导



文化发展出版社
Cultural Development Press

包装工程专业实验指导

张书彬 主编



文化发展出版社
Cultural Development Press

目录

CONTENTS

第1章 / 包装工程专业基础课程实验 / 1

- 实验一 材料的拉伸实验 / 1
- 实验二 材料的压缩实验 / 14
- 实验三 材料的扭转实验 / 17
- 实验四 梁的弯曲应变实验 / 22
- 实验五 机构结构分析及机构运动简图绘制实验 / 26
- 实验六 齿轮范成原理实验 / 30
- 实验七 机械拆装及结构分析实验 / 33
- 实验八 创意组合式轴系结构设计实验 / 36

第2章 / 包装工程专业核心课程实验 / 43

- 实验一 运输包装件的堆码实验 / 43
- 实验二 运输包装件的跌落实验 / 45
- 实验三 运输包装件的滚动实验 / 49
- 实验四 产品垂直冲击实验 / 52
- 实验五 缓冲材料静态缓冲系数测定实验 / 54

- 实验六 缓冲材料动态缓冲系数测定实验 / 56
- 实验七 纸与纸板平滑度测定 / 59
- 实验八 纸与纸板光泽度测定 / 63
- 实验九 纸与纸板白度的测定 / 68
- 实验十 彩色油墨颜色质量的测量 / 71
- 实验十一 彩色印刷基本参数测量实验 / 74
- 实验十二 彩色印刷品色差分析实验 / 77
- 实验十三 产品计数充填工艺 / 80
- 实验十四 粉粒状产品软包装充填工艺 / 82
- 实验十五 液态产品软包装充填工艺 / 84
- 实验十六 膏体/液体产品压力灌装工艺 / 85
- 实验十七 塑料瓶/玻璃瓶铝箔封口工艺 / 87
- 实验十八 塑料软管封尾工艺 / 88
- 实验十九 包装打码工艺 / 89
- 实验二十 产品泡罩包装工艺 / 90
- 实验二十一 产品贴体包装工艺 / 92
- 实验二十二 产品热收缩包装工艺 / 93
- 实验二十三 纸板挺度实验 / 95
- 实验二十四 纸、纸板、瓦楞纸板含水率实验 / 98
- 实验二十五 纸的耐破度实验 / 100
- 实验二十六 纸及瓦楞纸板戳穿强度实验 / 103
- 实验二十七 纸及纸板耐折度实验 / 106
- 实验二十八 纸及纸板抗张强度实验 / 109
- 实验二十九 纸及纸板撕裂度实验 / 113
- 实验三十 塑料薄膜热收缩实验 / 116
- 实验三十一 图像扫描与处理 / 119

- 实验三十二 PS版晒版 / 122
- 实验三十三 胶印工艺与质量控制 / 124
- 实验三十四 纸张厚度测定 / 127
- 实验三十五 纸张纸板定量测定 / 128
- 实验三十六 纸板抗压强度测定 / 129
- 实验三十七 纸张纸板透气度测定 / 135
- 实验三十八 塑料薄膜热封性能测试 / 137
- 实验三十九 软包装件密封性测试 / 139
- 实验四十 塑料薄膜热封剥离性能测试 / 141
- 实验四十一 塑料薄膜透湿性能测试 / 144
- 实验四十二 塑料薄膜冲击性能测试 / 146

第3章 / 包装综合实验 / 148

- 实验一 瓦楞纸箱设计及抗压强度评价 / 148
- 实验二 折叠纸盒设计、加工及制造 / 150
- 实验三 塑料阻隔性对肉制品保鲜的影响 / 151
- 实验四 塑料热封性对水果保鲜的影响 / 152
- 实验五 高低温对常用塑料包装性能的影响 / 154
- 实验六 活性包装对塑料包装保鲜性能的影响 / 155
- 实验七 铝塑复合茶包装袋防潮性能评价 / 156
- 实验八 塑料包装有害物质的检测及迁移研究 / 157

第 1 章

包装工程专业基础 课程实验

实验一 材料的拉伸实验



材料的力学性能实验必须按照现行国家标准进行，目前关于拉伸实验现行国家标准有 GB/T 228.1—2010《金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》、GB/T 228.2—2015《金属材料 拉伸试验 第 2 部分：高温试验方法》、GB/T 13239—2006《金属材料 低温拉伸试验方法》、GB/T 24584—2009《金属材料拉伸试验 液氮试验方法》、GB/T 30069.2—2016《金属材料、高应变速率拉伸试验 第 2 部分：液压伺服型与其他类型试验系统》，目前教学主要进行常温下的实验，因而此处拉伸实验主要依据的国家标准是 GB/T 228.1—2010《金属材料拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》。

一、实验目的

1. 测定低碳钢拉伸时的强度性能指标：上屈服强度 R_{eH} 、下屈服强度 R_{eL} 和抗拉强度 R_m 。

2. 测定低碳钢拉伸时的塑性性能指标：断面伸长率 A 和断面收缩率 Z 。
3. 测定灰铸铁拉伸时的强度性能指标：抗拉强度 R_m 。
4. 比较低碳钢与灰铸铁在拉伸时的力学性能和破坏形式。

二、实验设备和仪器

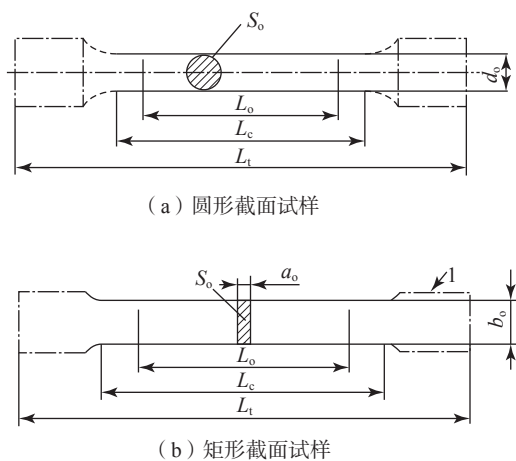
1. 液压式万能试验机。
2. 电子式万能试验机。
3. 游标卡尺。

三、实验试样

按照国家标准 GB/T 228.1—2010《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》，金属拉伸试样的形状随着产品的品种、规格以及实验目的的不同而分为圆形截面试样、矩形截面试样、异形截面试样和不经机加工的全截面形状试样四种。其中最常用的是圆形截面试样和矩形截面试样。

如图 1-1 所示，圆形截面试样和矩形截面试样均由平行、过渡和夹持三部分组成。平行部分的实验段长度 L_0 称为试样的标距，按试样的标距 L_0 与横截面积 S_0 之间的关系，分为比例试样和定标距试样。圆形截面比例试样通常取 $L_0 = 10d_0$ 或 $L_0 = 5d_0$ ，矩形截面比例试样通常取 $L_0 = 11.3\sqrt{S_0}$ 或 $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ ，其中，前者称为长比例试样（简称长试样），后者称为短比例试样（简称短试样）。过渡部分以圆弧与平行部分平滑地连接，以保证试样断裂时的断口在平行部分。夹持部分稍大，其形状和尺寸根据试样大小、材料特性、实验目的以及万能试验机的夹具结构进行设计。

对试样的形状、尺寸和加工的技术要求参见国家标准 GB/T 228.1—2010《金属材料拉伸试验第1部分：室温试验方法》。



S_0 —原始横截面积；

d_0 —形横截面试样平行长度的原始直径或圆丝原始直径或管的原始内径；

L_0 —原始标距； L_c —平行长度；

L_t —试样总长度； a_0 —矩形截面试样原始厚度或原始管壁厚度；

b_0 —矩形横截面试样平行长度的原始宽度或管的纵向剖条宽度或扁丝原始宽度。

图 1-1 拉伸试样

四、实验原理与方法

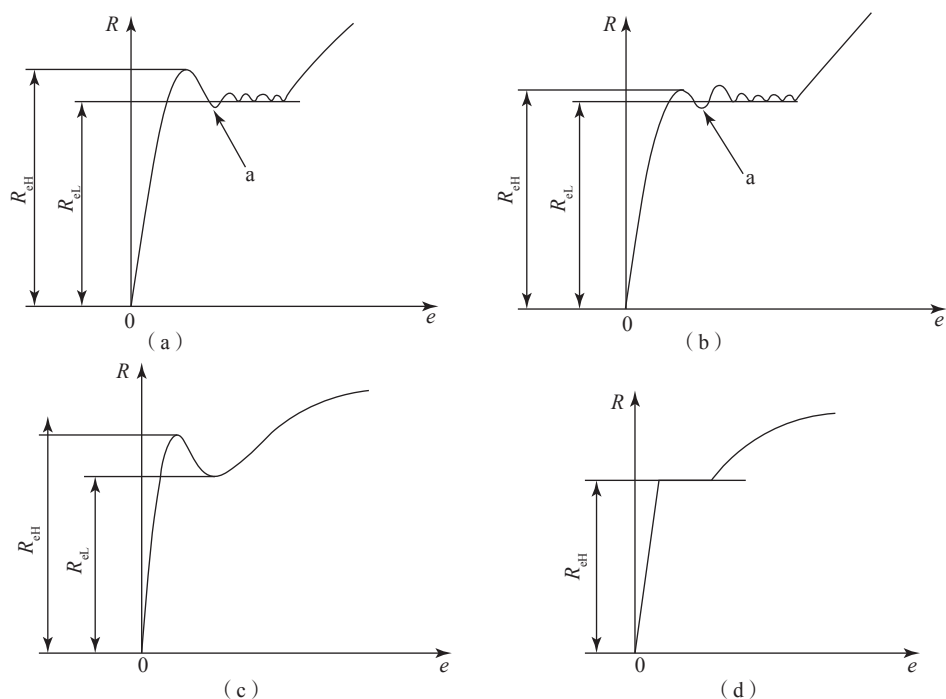
1. 测定低碳钢拉伸时的强度和塑性性能指标

(1) 强度性能指标

上屈服强度 R_{eH} ——试样在拉伸过程中载荷首次下降前的最大力值 F_{eH} （可以从图 1-2 所示力—延伸曲线图上或峰值力显示器上测得）除以原始横截面面积 S_0 所得的应力值，即 $R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0}$ 。

下屈服强度 R_{eL} ——不计初始瞬时效应时屈服阶段中的最小力值 F_{eL} （可以从图 1-2 所示力—延伸曲线图上测得）除以原始横截面面积 S_0 所得的应力值，即 $R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0}$ 。

抗拉强度 R_m ——试样在拉断前所承受的最大载荷 F_m 除以原始横截面面积 S_0 所得的应力值，即 $R_m = \frac{F_m}{S_0}$ 。



e —延伸率； R —应力； R_{eH} —上屈服强度； R_{eL} —下屈服强度； a —初始瞬时效应。

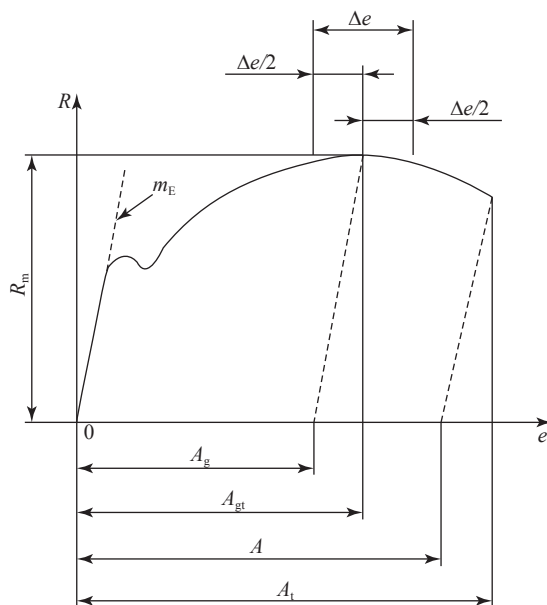
图 1-2 不同类型曲线的上屈服强度和下屈服强度

(2) 塑性性能指标

断后伸长率 A ——拉断后的试样标距部分所增加的长度与原始标距长度的百分比，即 $A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$ 。式中： L_0 为试样的原始标距； L_u 为将拉断的试样对接起来后两标点之间的距离。

低碳钢是具有明显屈服现象的塑性材料，在局部变形阶段，可以看到，在试样的某一部位局部变形加快，出现颈缩现象，随后试样很快被拉断。

试样的塑性变形集中产生在颈缩处，并向两边逐渐减小。因此，断口的位置不同，标距 L_0 部分的塑性伸长也不同。若断口在试样的中部，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，在这种情况下，标距长度的塑性伸长量就小。因此，断口的位置对所测得的伸长率有影响。为了避免这种影响，国家标准 GB/T 228.1—2010 《金属材料拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》附录 H 对 A 的测定作了如下规定。



A —断后伸长率（从引伸计的信号测得的或者直接从试样上测得这一性能）；
 A_e —最大力 F_m 塑性延伸率； A_{gt} —最大力 F_m 总延伸率； A_t —断裂后总延伸率；
 e —延伸率； R —应力； R_m —抗拉强度； m_E —应力—延伸率曲线弹性部分的斜率；
 Δ_e —平台范围

图 1-3 延伸的定义

附录 H 规定，为了避免由于试样断裂位置不符合图 1-4 所示的条件断裂而报废试样，可使用以下方法：

(a) 实验前将试样原始标距细分为 5mm（推荐）到 10mm 的 N 等份；

(b) 实验后，以符号 X 表示断裂后试样短段的标距标记，以符号 Y 表示断裂后试样长段的等分标记，此标记与断裂处的距离最接近于断裂处至标距标记 X 的距离。如 X 与 Y 之间的分格数为 n ，按如下测定断后伸长率：

1) 如 $N-n$ 为偶数见图 (1-5 (a))，测量 X 与 Y 之间的距离 l_{XY} 和测量从 Y 至距离为 $(N-n)/2$ 个分格的 Z 标记之间的距离 l_{YZ} 。按照下式计算断后伸长率：

$$A = \frac{l_{XY} + 2l_{YZ} - L_0}{L_0} \times 100\%$$

2) 如 $N-n$ 为奇数见图 (1-5 (b))，测量 X 与 Y 之间的距离 l_{XY} ，以及从 Y 至距离为 $(N-n-1)/2$ 和 $(N-n+1)/2$ 个分格的 Z' 和 Z'' 标记之间的距离 $l_{YZ'}$ 和 $l_{YZ''}$ 。

按照下式计算断后伸长率：
$$A = \frac{l_{XY} + l_{YZ} + l_{YZ'} - L_0}{L_0} \times 100\%$$

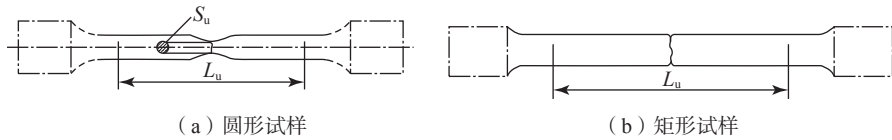
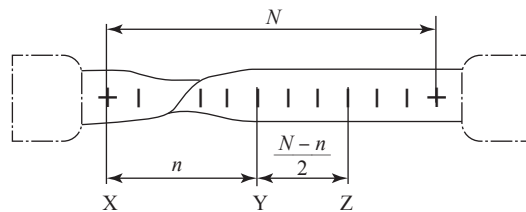
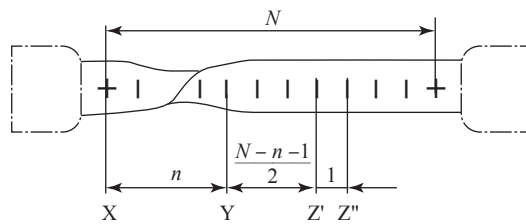


图 1-4 拉断试样



(a) $N-n$ 为偶数



(b) $N-n$ 为奇数

n — X 与 Y 之间的分格数； N —等分的份数； X —断裂后试样短段的标距标记；
 Y —断裂后试样长段的等分标记； $Z Z' Z''$ —分度标记

图 1-5 移位法测定断后伸长率

断面收缩率 Z ——拉断后的试样在断裂处的最小横截面面积的缩减量与原始横截面面积的百分比，即 $Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100\%$ 。式中： S_0 为试样的原始横截面面积； S_u 为拉断后的试样在断口处的最小横截面面积。

2. 测定灰铸铁拉伸时强度性能指标

灰铸铁在拉伸过程中，当变形很小时就会断裂，万能试验机的指针所指示的最大载荷 F_m 除以原始横截面面积 S_0 所得的应力值即为抗拉强度 R_m ，即
$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

3. 试验机介绍

(1) 微机控制电子万能试验机

① 微机控制电子万能试验机介绍

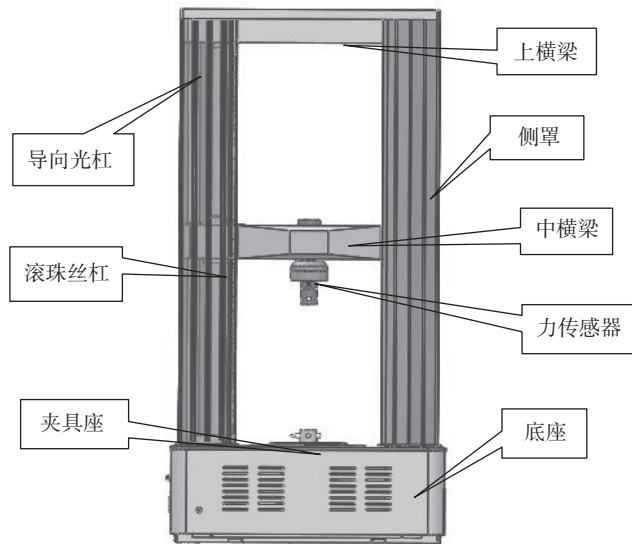


图 1-6 微机控制电子万能试验机结构

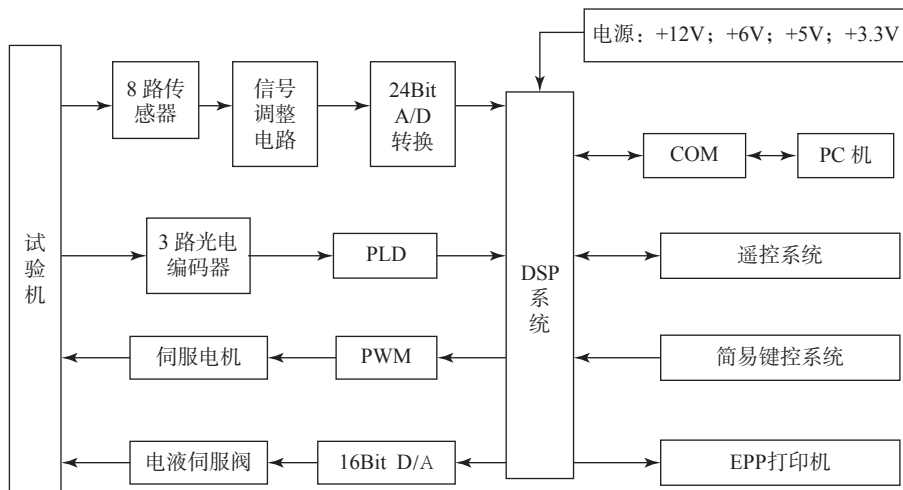


图 1-7 微机控制电子万能试验机电气图

② 微机控制电子万能试验机实验操作

开机：试验机→计算机→打印机。主机和计算机的开机顺序会影响计算机的通信初始，所以必须严格按照上述开机顺序进行。每次开机后要预热 5 分钟，待系统稳定后，才可进行实验工作。如果刚刚关机，需要再开机，至少保证 1 分钟的时间间隔。



图 1-8 微机控制电子万能试验机操作盒

表 1-1 微机控制电子万能试验机操作盒操作说明

序号	控制 / 指示灯	说明
1	■ 停止键	此功能用于实验过程中，停止实验
2	▲ 快速上升键	用于将移动横梁快速上升，上升速度 500mm/min (200kN 以上主机移动横梁上升速度为 250mm/min)，校准状态下上升速度 2mm/min 按下快速上升键横梁向上移动，松开快速上升键横梁停止移动
3	▼ 快速下降键	用于将移动横梁快速下降，下降速度 500mm/min (200kN 以上主机移动横梁下降速度为 250mm/min)，校准状态下下降速度 2mm/min 按下快速下降键横梁向下移动，松开快速下降键横梁停止移动
4	▲ 缓慢上升键	用于将移动横梁缓慢上升，上升速度 50mm/min (200kN 以上主机移动横梁上升速度为 25mm/min)，校准状态下上升速度 0.2mm/min 按下缓慢上升键横梁向上移动，松开缓慢上升键横梁停止移动

续表

序号	控制 / 指示灯	说明
5	▼ 缓慢下降键	用于将移动横梁缓慢下降，下降速度 50mm/min (200kN 以上主机移动横梁下降速度为 25mm/min，校准状态下 下降速度 0.2mm/min) 按下缓慢下降键横梁向下移动，松开缓慢下降键横梁停止移动
6	▶ 运行键	按运行键，机器将按设定的实验方案进行实验
7	I 试样保护键	用于消除试样在夹持过程中的初夹力（自动移动横梁，使试样 所承受力小于一定设定值）

关机：试验机→打印机→计算。

装夹试样：通过操作手柄将横梁移动到合适位置，通过脚踏板控制夹具夹紧和松开，安装上试样。夹住试样时注意试样已固定在夹块的 V 型槽内，与夹块的齿形接触良好，试样没有触到夹具的底部。本机配备有不同的夹具以完成各种材料的拉伸、压缩、弯曲、剪切、剥离、撕裂等力学性能实验，能满足金属及非金属的片、带、箔、条、线、纤维、板、棒、块、绳、布、网等不同材料力学性能实验的夹持要求。

运行实验：点开 Testpilot-ETM 软件时，我们看到的实验控制界面如图 1-9 所示，进入该界面后根据要求对其进行设置并运行。

在主界面上可进行传感器显示设置，速度栏可以 4 种方式调节横梁移动速度，调节横梁位置便于装卸试样，软件状态栏、实验状态区分别显示当前软件和实验状态。软件状态栏显示曲线遍历速度、鼠标在曲线上的坐标、系统日期、系统时间、实验运行时间、当前用户名等信息。实验状态区用于显示实验过程中实验运行的步骤。软件主功能界面下的功能区有输入用户参数、单图、多图和查询四种功能选择。选择【输入用户参数】后可设置实验方案、存盘文件名和查看实验参数等；选择【单图】后可查看实验曲线、实验结果、可修改用户输入参数和切换引伸计，修改用户输入参数后点击 <应用>，程序将用您修改后的试样参数重新计算结果，并可以生成、打印和导出实验报告；选择【多图界面】后可观察三种不同曲线；

选择【查询】后可按文件名、实验日期和实验方案名或上述三者的组合查询实验曲线、报表和重新生成报告。

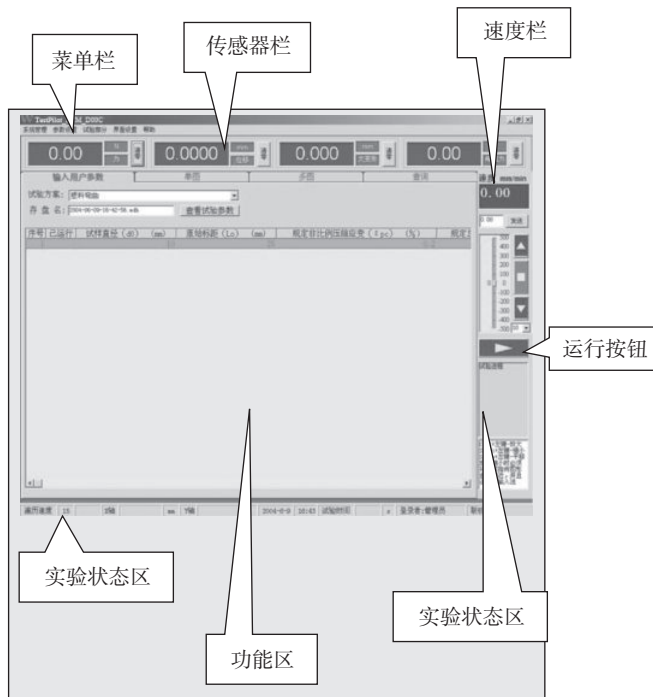


图 1-9 控制软件界面图

完成实验：在主功能界面下的功能区选择【单图或试验】后，双击单图的曲线区则进入曲线分析功能区，在界面上显示曲线序号、可选择显示最大力、弹性段起点、弹性段终点、上屈服点和下屈服点等特征点；单击鼠标右键时可进行取消遍历、图像还原、遍历、特征点拾取、存储所有特征点和图形处理的快捷键设置等操作。

实验报告生成：试样完成后，单击实验报告键，进入实验报告预览窗口，如图 1-10 所示。

(2) WDW — E100 电子万能试验机操作规程

根据试样的形状、尺寸及实验目的更换传感器插头及合适的夹具。

打开主机变压器、控制箱开关，进入预热状态。

开启计算机，点击桌面“testsoft”图标，按空格键进入 WDW 界面。

点击“脱机”—点击“启动”—点击“方案”：选择“低碳钢拉伸”“常温拉伸”—点击“试样信息”，进行“修改”与“添加”。

点击“遥控盒”，即可通过手动遥控盒调节上夹头的位置—装夹试样—选择“手动”—点击“清零”，使界面各数据归零—点击“实验开始”。

材料屈服前可用 $2 \sim 5\text{mm}/\text{min}$ 速度；材料进入强化阶段后可用 $10 \sim 20\text{mm}/\text{min}$ 速度加载。（对金属材料测 E 时用 $0.1 \sim 0.2\text{mm}/\text{min}$ 速度，甚至 $0.05\text{mm}/\text{min}$ 速度加载）对其他材料，按照相应的标准规定的速度执行。

试样断裂后，试验机自动停机。在界面“数据库”中调出实验数据，在曲线图上找出屈服点和极限点（移动鼠标在曲线上点击即可），记录屈服载荷和强度载荷。选打印项即可打印出曲线图。

实验结束。取下试样，测量参数。

五、实验步骤

1. 测定低碳钢拉伸时的强度和塑性性能指标

测量试样的尺寸。在试样标距范围内的中间以及两标距点的内侧附近，分别用游标卡尺在相互垂直方向上测取试样直径的平均值为试样在该处的直径，取三者中的最小值作为计算直径。

试样安装。按操作规程使用电子万能试验机拉伸试样，观察屈服和颈缩现象，直至试样被拉断为止，分别记录载荷数据，并打印实验数据。

取下拉断后的试样，将断口吻合压紧，用游标卡尺量取断口处的最小直径和两标点之间的距离。

2. 测定灰铸铁拉伸时的强度性能指标

测量试样的尺寸。方法同上。

试样安装。按操作规程使用液压万能试验机拉伸试样，观察现象，记录下从动指针所停留位置的最大载荷 F_m 。