

《工程材料》

实践课程实验指导书



上海交通大学
机械与动力工程学院
基础实验与创新实践教学中心

《工程材料》实践课程实验内容

一、航空航天展厅参观（20 分钟）

参观 D160 实验室,了解航空航天装备及薄板结构产品特点及制造工艺。

二、板状试样拉伸实验（30 分钟）

2.1 实验目的

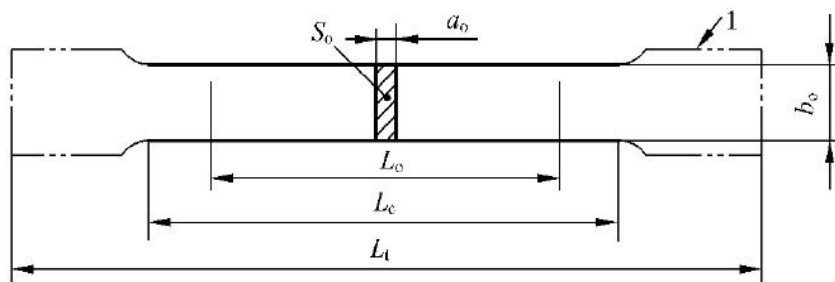
- （1）学习运用材料拉伸试验机进行金属材料拉伸实验；
- （2）观察在拉伸过程中实验样件的屈服、加工硬化和断裂等现象，采集数据，绘制拉伸曲线（应力—应变曲线）；

2.2 实验内容

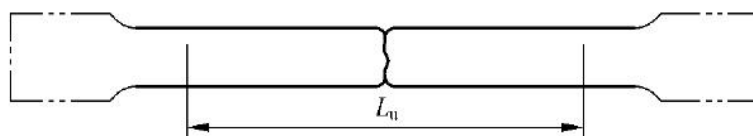
分别选取铝合金、高强钢拉伸实验（按 GBT 228.1-2021 规定加工标准试件），在拉伸材料试验机上进行拉伸实验，观察实验过程，了解相应力学性能指标，应力与应变、抗拉强度 R_m 。

2.3 实验材料和设备

实验使用的试样按照国标 GBT 228.1-2021-金属材料+拉伸试验+第 1 部分室温试验方法的试样加工要求进行加工，如图 1-1 所示。



a) 试验前



b) 试验后

标引符号与序号说明：

a_0 —— 矩形横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；

L_0 —— 原始标距；

L_c —— 平行长度；

L_t —— 试样总长度；

L_u —— 断后标距；

S_0 —— 平行长度的原始横截面积；

1 —— 夹持头部。

注：试样头部形状仅为示意性。

单位为毫米

b_0	r	$k=5.65$			$k=11.3$		
		L_0	L_c	试样编号	L_0	L_c	试样编号
10	≥ 20	$5.65 \sqrt{S_0} \geq 15$	$\geq L_0 + b_0/2$ 仲裁试验： $L_0 + 2b_0$	P1	$11.3 \sqrt{S_0} \geq 15$	$\geq L_0 + b_0/2$ 仲裁试验： $L_0 + 2b_0$	P01
12.5				P2			P02
15				P3			P03
20				P4			P04
注 1：优先采用比例系数 $k=5.65$ 的比例试样。如比例标距小于 15 mm，采用表 B.2 的非比例试样。 注 2：如需要，厚度小于 0.5 mm 的试样在其平行长度上可带小凸耳以便装夹引伸计。上下两凸耳宽度中心线间的距离为原始标距。							

图 1-1 材料拉伸实验试样尺寸参数

拉伸实验设备：Zwick 材料试验机（如图 1-2 所示）。

主要参数：

- 最大试验力 100kN
- 试验速度 0.001~1500mm/min

- 环境箱温度范围 300~1200℃

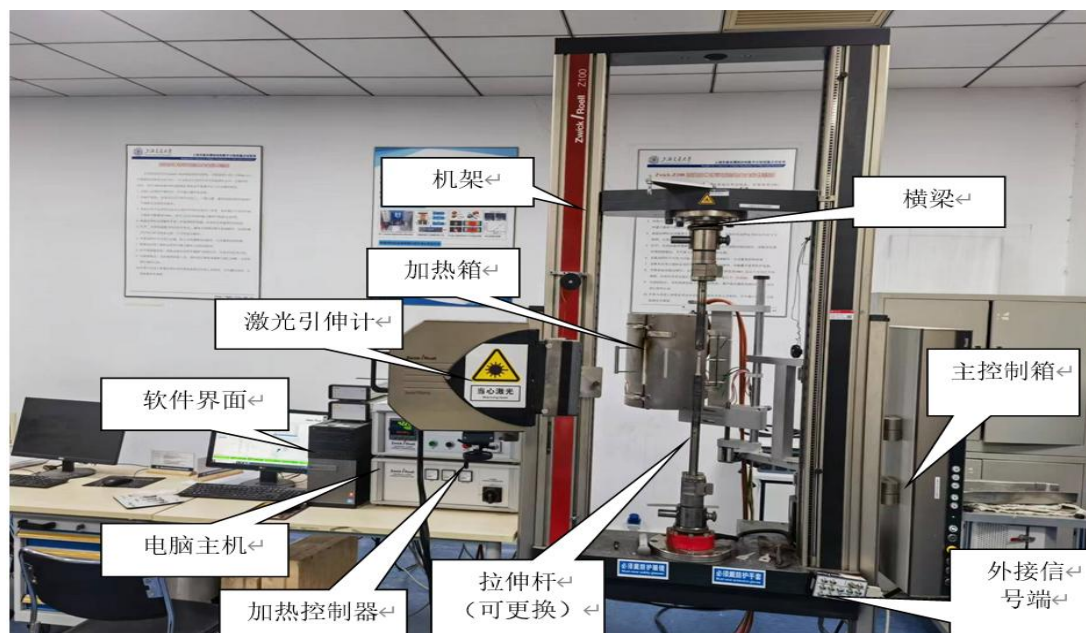


图 1-2 拉伸实验装备 ZWICK 材料拉伸机

2.4 实验原理

拉伸实验是一种常用的材料力学性能测试方法，用于研究材料在受力下的变形和破坏特性。其原理是通过对试样施加拉伸力，使其在垂直方向上发生拉伸变形，测量并记录试样的载荷-变形曲线，获得材料的力学性能参数。

拉伸法的原理基于胡克定律，即拉伸应变与应力之间的线性关系。根据胡克定律，在材料的弹性阶段，应力(即施加的拉伸力除以试样的横截面积)与应变(即试样的长度变化除以原始长度)成正比。所以可以通过施加不同的拉伸载荷，测量试样的应变和应力，得到应力-应变曲线。

拉伸试验可以获得材料的一些基本力学性质，例如弹性模量、屈服强度、断裂强度等。通过对拉伸试验结果的分析，可以进一步研究材料的力学特性、变形行为、破坏机制等，为材料的设计和应用提供参考。

试件在连续变载荷作用下经历了弹性变形阶段、屈服阶段、强化阶段以及局部颈缩阶段四个阶段。其拉伸应力-应变曲线如图 1-3 所示。

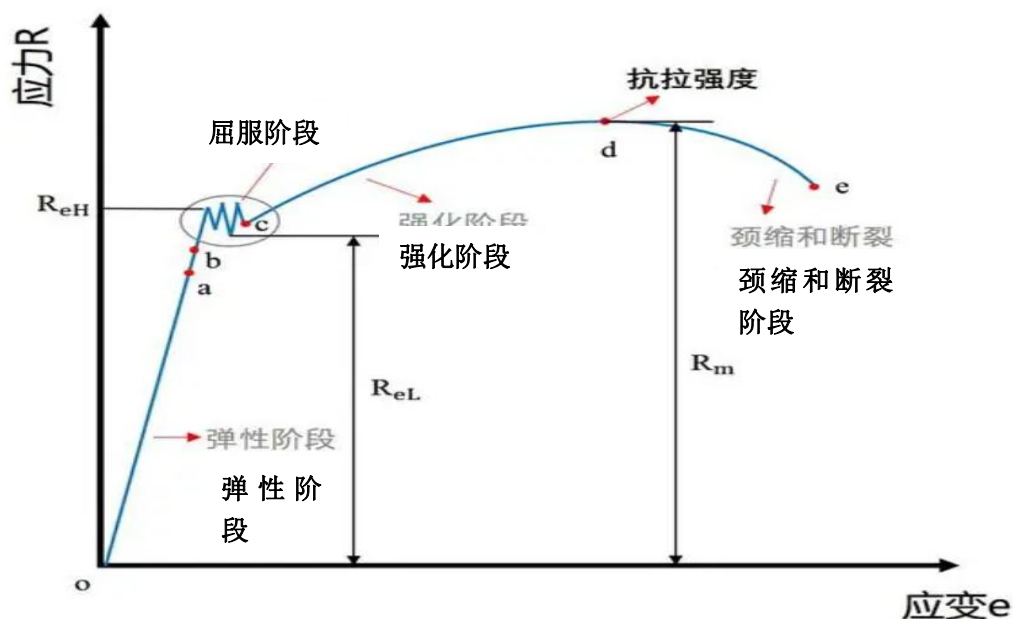


图 1-3 低碳钢的应力应变曲线

2.5 拉伸实验步骤

- 1) 检查 Zwick 拉伸机的整体状态，确保各个部件的电源线连接正常，确保机架上的横梁、拉头、引伸计等部件处于正常位置。
- 2) 打开机架上右侧面的电源开关，双击计算机桌面 testXpertII-V3.71 图标，打开测试软件。
- 3) 将其他的必要设备连接到主机上，如引伸计等。
- 4) 了解试样的材料与热处理状态，测量确认试样外形符合国家标准正常后，使用合适的夹具安装到拉伸机横梁和底座上并装夹好试样，根据国标要求调整位置。选取合适的测试程序，并检查激光引伸计和横梁传感器连接正常。
- 5) 点击软件的向导命令条，根据提示逐项检查并填写相关信息（特别注意：初始位置检查）。
- 6) 同时打开三维动态变形测量系统（DIC），调试测试参数并对准被测样品。
- 7) 确认 Zwick 控制箱最下方的旋钮旋转到“Test”状态，点击“开始”按钮，该按钮位于主界面左上侧，也可以点击工具条上的开始试验按钮。

(如需使用 DIC) 打开 DIC 设备, 进行变形跟踪测试。

- 8) 试验结束后主界面上显示出试验结果曲线。
- 9) 如果继续做其它试样的试验, 请返回步骤 4。
- 10) 根据以上步骤完成所给试样的一组试验后, 可以进入曲线操作界面查看所给弹性模量 E 、屈服极限 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、断后延伸率 δ 、截面收缩率 ψ 等原始数据、试验结果和统计值, 还可以根据原始数据进行适当修改试验结果。(如需使用 DIC) 在 DIC 设备的界面, 点击数据存储按钮存储数据到指定文件夹, 以便后续进行数据的后处理工作。
- 11) 点击 ZWICK 测试软件导出按钮, 根据需要导出 EXCEL 格式数据文件。
- 12) 拆卸拉伸后的试样, 把夹头恢复到初始位置。
- 13) 关闭 Zwick 主机按钮, 关闭总电源, 退出软件界面, 关闭电脑主机。
- 14) 关闭三维动态变形测量系统 (DIC) 开关, 关闭其电源开关。
- 15) 整理清理现场, 登记设备使用记录, 结束本次实验。

2.6 思考题:

- 1) 根据实验技术数据, 绘制应力-应变曲线。
- 2) 拉伸实验中的拉伸速度大小对实验结果有什么影响? 应该怎样选择拉伸实验速度?
- 3) 根据拉伸实验结果数据, 分析该材料在实际工程中的应用范围(场合), 请写出理由。

三、车用 B 柱 W 型冲压实验（30 分钟）

3.1 实验目的

- (1) 观察 W 件冲压成形过程中工件回弹现象
- (2) 了解并学习减小回弹的工艺措施

3.2 实验内容

零件为实际 W 型车门防撞梁长度缩比件，典型特征零件的 W 截面尺寸如图 2-1 所示。主要实验内容为：

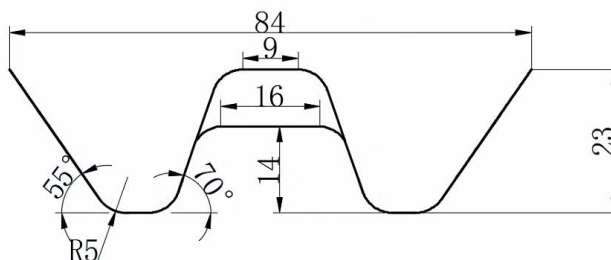


图 2-1 车门防撞梁零件 W 型截面几何尺寸（单位：mm）

- (1) 将 W 件弯曲模具装在小松压机上，进行适配定位。
- (2) 确定初始间隙，装夹定位板料，施加压力，得到 W 形工件，描绘端面外形曲线
- (3) 调整模具间隙，再次装夹板料，施压获取成形工件，绘制端面曲线进行比对分析。

3.3 冲压实验原理

车用防撞梁零件 W 型截面内侧壁倾角约为 110° ，外侧壁倾角约为 125° （如图 2-2 所示）。成形要求方面，外侧壁成形过程中由于法兰部分材料向内流动，近似为弯曲变形，而内侧壁成形过程中受到材料流动阻力较大，近似为拉延成形，所以内侧壁开裂趋势要大于外侧壁。服役要求方面，零件需要抵抗碰撞，强度要求接近 7075-T6 态铝合金抗拉强度即达到 500MPa 以上。由于采用 PHF

工艺成形的温度较低，7075-T6 铝合金强度较高，成形该零件同样需要关注尺寸精度的问题（需要探究成形工艺参数对零件回弹量的影响规律）。

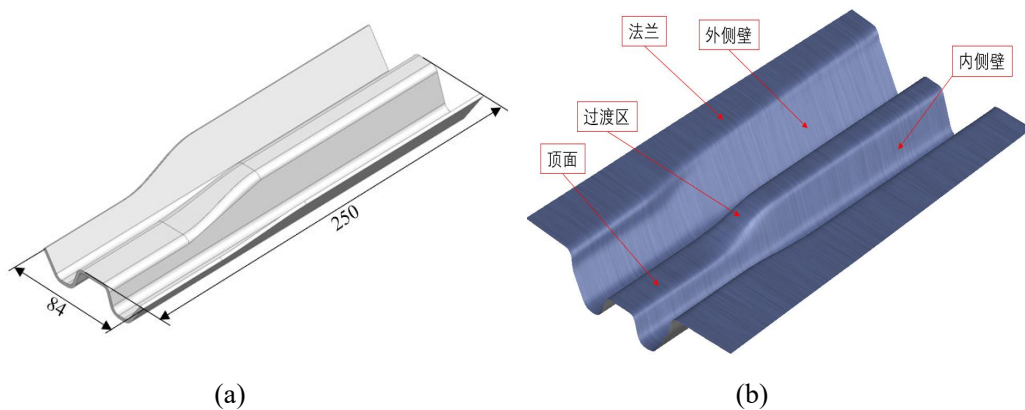


图 2-2 车门防撞梁零件数模(a)切边后(b)切边前

3.4 实验步骤

本次实验使用小松压机作为实验用设备，如图 2-3 所示。



图 2-3 小松压机外形图

实验开机准备：

- (1) 无尘布擦清压力机滑块、工作台面以及弯曲模上下模座的顶面、底面
- (2) 弯曲模置于压力机工作台上，移至工作位置，调至压力机近似的闭合高度，紧固上模，逐次交替拧紧，确保上模座顶面与滑块底面紧贴无缝。
- (3) 紧固下模时，不宜将一侧的螺钉或螺母完全拧紧反在开始拧另一侧，而应将模具各侧的螺钉和螺母交替逐步拧紧，以避免原来与上模座对准的下模在拧紧过程中偏移或倾侧。
- (4) 给弯曲模具外导柱、外导套加润滑油，把平板料放在下模凸凹模上，由

上面的定位板对板料定位。

- (5) 压力机滑块逐渐下降,上模的凹模部分和板料和下模的凸凹模部分刚开始接触是自由弯曲状态。随着压力机滑块逐渐下降,上模的凹模把板料紧贴在下模的凸凹模上,上模和下模墩死时在下极点校正,减少工件的回弹。
- (6) 完成一次冲压过程,记录过程各类参数信息,观察成形作品质量状态。

3.5 冲压实验安全事项

- (1) 进入冲压现场需要穿防护鞋,带安全帽,进入现场要减少危险区域或消除危险区域;
- (2) 取料放件应使用专用工具,如真空吸盘、磁铁吸取器、夹子,禁止双手在模具内放料、取件;
- (3) 利用设备安全保护装置,发现事故苗子,立即发出报警信号,停止压力机运动,保证人员与设备不受意外伤害。

3.6 思考题:

- 1、冲压成形的特点是什么,试根据实验结果说明。
- 2、学习了材料冲压极限制造的概念后,根据你的理解试说明其应用趋势?

四、实验总结与心得体会