

图书在版编目(CIP)数据

机械类课程实验指导书 / 石万晓主编. —上海:
华东师范大学出版社, 2013. 8
ISBN 978-7-5675-1130-9

I. ①机… II. ①石… III. ①机械学—实验—高等学校—教材 IV. ①TH11-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 190680 号

机械类课程实验指导书

主 编 石万晓
项目编辑 李 琴
审读编辑 沈吟吟
装帧设计 创图文化

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
网 址 www.ecnupress.com.cn
电 话 021-60821616 行政传真 021-62572105
客服电话 021-62865537 门市(邮购)电话 021-62869887
地 址 上海市中山北路 3663 号华东师范大学校内先锋路口
网 店 <http://hdsdcbs.tmall.com>

印 刷 者 成都市海翔印务有限公司
开 本 787×1092 16 开
印 张 6.25
字 数 138 千字
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5675-1130-9/G · 6783
定 价 23.50 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社客服中心调换或电话 021-62865537 联系)

目 录

单元一 工程力学实验	1
实验一 低碳钢和灰口铸铁的拉伸实验	1
实验二 低碳钢和铸铁的压缩实验	7
实验三 纯弯曲梁的正应力实验	10
单元二 机械原理实验	14
实验一 机械零件认识实验	14
实验二 机械原理演示实验	23
实验三 减速器拆装实验	25
实验四 机械传动方案综合实验	30
实验五 渐开线齿廓的范成原理	37
实验六 机械平衡实验	40
实验七 典型机构认知及机构运动简图测绘	45
实验八 平面机构组合创意实验	49
实验九 机械传动效率测试	53
单元三 液压传动实验	58
实验一 进油节流调速回路实验	58
实验二 回油节流调速回路	61
实验三 调速阀调速回路	65
实验四 增速回路	67
实验五 速度换接回路	69
实验六 调压回路	71
实验七 保压、泵卸荷回路	73
实验八 减压回路	75
实验九 平衡回路	77
实验十 多缸顺序控制回路	79
实验十一 同步回路	81
实验十二 溢流阀性能实验	84
实验十三 液压泵性能实验	87
附录 HYY-18 型透明液压传动演示系统介绍	90
参考文献	95



单元一 工程力学实验

学生实验须知：

1. 实验前必须预习实验指导书中相关的内容,了解本次实验的目的、要求及注意事项。
2. 按预约实验时间准时进入实验室,不得无故迟到、早退、缺席。
3. 进入实验室后,不得高声喧哗和擅自乱动仪器设备,损坏仪器要赔偿。
4. 保持实验室整洁,不准在机器、仪器及桌面上涂写,不准乱丢纸屑,不准随地吐痰。
5. 实验时应严格遵守操作步骤和注意事项。实验中,若遇仪器设备发生故障,应立即向教师报告,及时检查,排除故障后,方能继续实验。
6. 实验过程中,若未按操作规程操作仪器,导致仪器损坏者,将按学校有关规定进行处理。
7. 实验过程中,同组同学要相互配合,认真测取和记录实验数据。
8. 实验结束后,将仪器、工具清理摆正。不得将实验室的工具、仪器、材料等物品携带出实验室。
9. 实验完毕,实验数据经教师认可后方能离开实验室。
10. 实验报告要求字迹端正、绘图清晰、表格简明、实验结果正确。

实验一 低碳钢和灰口铸铁的拉伸实验

一、实验目的与要求

1. 观察低碳钢在拉伸时的各种现象,并测定低碳钢在拉伸时的屈服极限 σ_s 、强度极限 σ_b 、延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 。
2. 观察铸铁在轴向拉伸时的各种现象。
3. 观察试件受力和变形两者间的相互关系,并注意观察材料的弹性、屈服、强化、颈缩、断裂等物理现象。测定该试样所代表材料的 F_s 、 F_b 和 Δl 等值。
4. 对典型的塑性材料和脆性材料进行受力变形现象比较,并对其强度指标和塑性指标进行比较。
5. 学习、掌握万能试验机的使用方法及其工作原理。

二、仪器设备与量具

1. WE-100 型液压万能试验机。

2. 钢板尺, 游标卡尺。

三、试件介绍

实验证明, 试件的尺寸和形状对实验结果有影响。为了便于比较各种材料的机械性能, 国家标准中对试件的尺寸和形状有统一规定。根据国家标准(GB 6397—86), 金属拉伸比例试件的尺寸见表 1-1-1。

表 1-1-1 金属拉伸比例试件尺寸

试件	标距长度 l_0	横截面积 A_0	圆试件直径 d_0	表示延伸率的符号
比例/长短	$11.3 \sqrt{A_0}$ 或 $10d_0$	任意	任意	δ_{10}
	$5.56 \sqrt{A_0}$ 或 $5d_0$	任意	任意	δ_5

本实验的拉伸试件采用国家标准中规定的长比例试件(见图 1-1-1), 实验段直径 $d_0 = 10\text{mm}$, 标距 $l_0 = 100\text{mm}$ 。

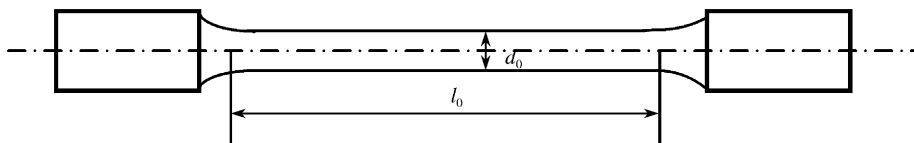


图 1-1-1 拉伸试件

四、实验原理及方法

(一) 低碳钢的拉伸实验

在拉伸实验前, 测定低碳钢试件的直径 d_0 和标距 l_0 。实验时, 首先将试件安装在试验机的上、下夹头内, 并在试验段的标记处安装引伸仪, 以测量实验段的变形。然后开动试验机, 缓慢加载, 与试验机相连的微机会自动绘制出载荷—变形曲线 ($F-\Delta l$ 曲线, 见图 1-1-2), 或应力—应变曲线 ($\sigma-\epsilon$ 曲线, 见图 1-1-3), 随着载荷的逐渐增大, 材料呈现出不同的力学性能。

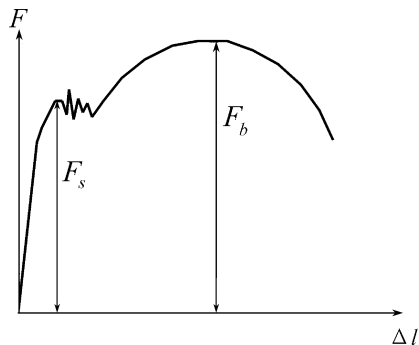


图 1-1-2 载荷—变形曲线

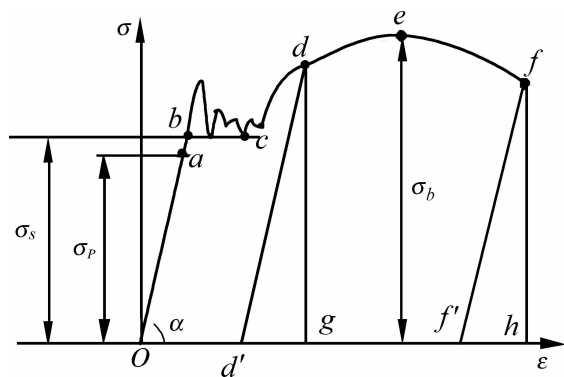


图 1-1-3 应力—应变曲线



1. 弹性阶段 (Ob 段)。

在拉伸的初始阶段, $\sigma-\epsilon$ 曲线 (Oa 段) 为一直线, 说明应力与应变成正比, 即满足胡克定律, 此阶段称为线性阶段。线性阶段的最高点称为材料的比例极限 (σ_p), 线性阶段的直线段斜率即为材料的弹性模量 E 。

线性阶段后, $\sigma-\epsilon$ 曲线不为直线 (ab 段), 应力与应变不再成正比, 但若在整个弹性阶段卸载, 应力—应变曲线会沿原曲线返回, 载荷卸载到零时, 变形也完全消失。卸载后, 变形能完全消失的应力最大点称为材料的弹性极限 (σ_e), 一般对于钢等许多材料, 其弹性极限与比例极限非常接近。

2. 屈服阶段 (bc 段)。

超过弹性阶段后, 应力几乎不变, 只是在某一微小范围内上下波动, 而应变却急剧增长, 这种现象称为屈服。使材料发生屈服的应力称为屈服应力或屈服极限 (σ_s)。

当材料屈服时, 如果用砂纸将试件表面打磨, 会发现试件表面呈现出与轴线成 45° 斜纹。这是由于试件的 45° 斜截面上作用有最大切应力, 这些斜纹是由于材料沿最大切应力作用面产生滑移所造成的, 故称为滑移线。

3. 强化阶段 (ce 段)。

经过屈服阶段后, 应力—应变曲线呈现曲线上升趋势, 这说明材料的抗变形能力又增强了, 这种现象称为应变硬化。

若在此阶段卸载, 则卸载过程的应力—应变曲线为一条斜线 (如: $d-d'$ 斜线), 其斜率与线性阶段的直线段斜率大致相等。当载荷卸载到零时, 变形并未完全消失; 应力减小至零时, 残留的应变称为塑性应变或残余应变, 相应地, 应力减小至零时消失的应变称为弹性应变。卸载完之后, 立即再加载, 则加载时的应力—应变关系基本上沿卸载时的直线变化。因此, 如果将卸载后已有塑性变形的试件重新进行拉伸实验, 其比例极限或弹性极限将得到提高, 这一现象称为冷作硬化。

在强化阶段 1 应力—应变曲线存在一最高点, 该最高点对应的应力称为材料的强度极限 (σ_b), 强度极限所对应的载荷为试件所能承受的最大载荷 F_b 。

4. 颈缩阶段 (ef 段)。

试件拉伸达到强度极限 σ_b 之前, 在标距范围内的变形是均匀的。当应力增大至强度极限 σ_b 之后, 试件出现局部显著收缩, 这一现象称为颈缩。颈缩出现后, 使试件继续变形所需载荷减小, 故应力—应变曲线呈现下降趋势, 直至最后在 f 点断裂。试件的断裂位置处于颈缩处, 断口形状呈杯状, 这说明引起试件破坏的原因不仅有拉应力还有切应力。

(二) 铸铁的拉伸实验

铸铁的拉伸实验方法与低碳钢的拉伸实验相同, 但是铸铁在拉伸时的力学性能明显不同于低碳钢, 其应力—应变曲线见图 1-1-4。铸铁从开始受力直至断裂, 变形始终很小, 既

不存在屈服阶段,也无颈缩现象。断口垂直于试样轴线,这说明引起试件破坏的原因是最大拉应力。

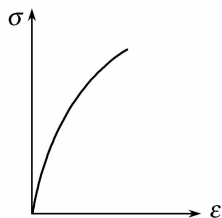


图 1-1-4 铸铁的应力—应变曲线

五、实验步骤

(一)低碳钢的拉伸实验

1. 打开电源,启动万能试验机。
2. 启动油泵。
3. 装夹试样。
4. 加载(给油)。
5. 记录实验过程的数据。
6. 断裂,卸载(回油),关闭送油阀,卸下断件,观察试件断面。
7. 关闭油泵。
8. 关闭电源。
9. 实验结束。

(二)铸铁的拉伸实验

操作步骤与低碳钢实验基本相同。

六、实验记录

表 1-1-2 试件原始尺寸

材料	标距 l_0 (mm)	直径(mm)									最小横截面 面积 A_0 (mm ²)
		横截面 1			横截面 2			横截面 3			
		(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均	
低碳钢											
铸 铁											



表 1-1-3 实验数据

材料	屈服载荷 (kN)	最大载荷 (kN)	拉断后标距 (mm)	断口处直径(mm)					断口处横截面 面积(mm ²)
				(1)	(2)	(3)	(4)	平均	
低碳钢									
铸 铁									

表 1-1-4 计算结果

材料	弹性模量 E (MPa)	强度指标(MPa)		塑性指标(%)		断口形状	
		δ_s	δ_b	δ	ψ	低碳钢	铸铁
低碳钢							
铸 铁							

注: 1Pa=1N/m²

七、实验结果的处理

(一) 低碳钢的拉伸实验

记录试件的屈服抗力 F_s 和最大抗力 F_b 。试件断裂后, 测量断口处的最小直径 d_1 和标距间的距离 l_1 。依据测得的实验数据, 计算低碳钢材料的强度指标和塑性指标。

1. 强度指标:

$$\text{屈服极限} \quad \sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (1-1)$$

其中 $A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$ 。

$$\text{强度极限} \quad \sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (1-2)$$

2. 塑性指标:

$$\text{延伸率} \quad \delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

$$\text{断面收缩率} \quad \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

(二) 灰口铸铁的拉伸实验

实验前测定试件的直径 d_0 , 试件在拉伸过程中注意观察与低碳钢拉伸实验中不同的现象(如: 变形小、无屈服、无颈缩、断口平齐等); 记录断裂时的最大抗力 F_b , 从而计算出灰口铸铁的拉伸强度极限。

八、思考题

1. 试比较低碳钢和铸铁在拉伸时的力学性能。
2. 说明铸铁和低碳钢断口的特点。
3. 低碳钢和铸铁在拉伸中,各要测得哪些数据? 观察哪些现象?



实验二 低碳钢和铸铁的压缩实验

一、实验目的与要求

1. 比较低碳钢和铸铁压缩变形以及破坏现象。
2. 测定低碳钢的屈服极限 σ_s 和铸铁的强度极限 σ_b 。
3. 比较铸铁在拉伸和压缩两种受力形式下的机械性能,并分析其破坏原因。
4. 熟悉压力试验机的使用方法。

二、仪器设备与量具

1. WE-10 型液压式压力试验机或 WE-30 型万能材料试验机。
2. 游标卡尺。

三、试件介绍

根据国家有关标准,低碳钢和铸铁等金属材料的压缩试件一般制成圆柱形。低碳钢压缩试件的高度和直径的比例为 3:2,铸铁压缩试件的高度和直径的比例为 2:1,见图 1-2-1。

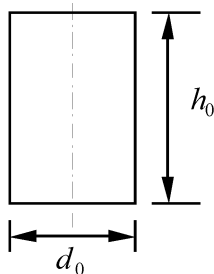


图 1-2-1 压缩试件

四、实验原理及方法

压缩实验是研究材料性能常用的实验方法,对铸铁、铸造合金、建筑材料等脆性材料尤为合适。通过压缩实验观察材料的变形过程、破坏形式,并与拉伸实验进行比较,可以分析不同应力状态对材料强度、塑性的影响,从而对材料的机械性能有比较全面的认识。

压缩试验在压力试验机上进行。当试件受压时,其上下两端面与试验机支撑之间产生很大的摩擦力,使试件两端的横向变形受到阻碍,故压缩后试件呈鼓形。摩擦力的存在会影响试件的抗压能力,甚至破坏形式。为了尽量减少摩擦力的影响,实验时试件两端必须保证平行,并与轴线垂直,使试件受轴向压力。另外,端面加工应有较高的光洁度。

低碳钢压缩时也会发生屈服,但并不像拉伸时那样有明显的屈服阶段。因此,在测定 F_s 时要特别注意观察。在缓慢均匀加载下,测力指针等速转动,当材料发生屈服时,测力指针转动将减慢,甚至倒退。这时对应的载荷即为屈服载荷 F_s 。屈服之后加载到试件产生明显变形即停止加载。这是因为低碳钢受压时变形较大而不破裂,因此愈压愈扁。横截面增大时,其实际应力不随外载荷增加而增加,故不可能得到最大载荷 F_b , 因此也得不到强度极限 σ_b , 所以在实验中是以变形来控制加载的。

铸铁试件压缩时,在达到最大载荷 F_b 前出现较明显的变形然后破裂,此时试验机测力指针迅速倒退,从动针读取最大载荷 F_b 值,铸铁试件最后略呈鼓形,断裂面与试件轴线大约呈 45° 。

五、实验步骤

1. 试验机准备。根据估算的最大载荷,选择合适的示力度盘(量程)和相应的摆锤,并按相应的操作规程进行操作。
2. 测量试件的直径和高度。测量试件两端及中部三处的截面直径,取三处中最小一处的平均直径计算横截面积。
3. 将试件放在试验机活动台球形支撑板中心处。
4. 安装引伸仪(只用于低碳钢拉伸实验)。
5. 开动试验机,使活动台上升,对试件进行缓慢均匀加载。对于低碳钢,要及时记录其屈服载荷,超过屈服载荷后,继续加载,将试件压成鼓形即可停止加载。铸铁试件加压至试件破坏为止,记录最大载荷。
6. 取出试件,将试验机恢复原状。观察试件。

六、实验记录

表 1-2-1 试件原始尺寸

材料	高度 (mm)	直径(mm)									最小横截面 面积 A ₀ (mm ²)
		横截面 1			横截面 2			横截面 3			
		(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均	(1)	(2)	平均	
低碳钢											
铸 铁											

表 1-2-2 实验数据

材料	屈服载荷 (kN)	屈服极限 (MPa)	最大载荷 (kN)	强度极限 (MPa)	破坏形式简图	
					低碳钢	铸铁
低碳钢						
铸 铁						

七、实验结果的处理

1. 计算低碳钢的屈服极限 σ_s :

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (2-1)$$

2. 计算铸铁的强度极限 σ_b :



$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (2-2)$$

其中 $A_0 = \frac{1}{4}\pi d_0^2$, d_0 为试件实验前最小直径。

八、思考题

1. 为什么低碳钢压缩实验测不出破坏载荷,而铸铁压缩实验测不出屈服载荷?
2. 根据铸铁试件的压缩破坏形式分析其破坏原因,并与拉伸时作比较。
3. 通过拉伸与压缩实验,比较低碳钢的屈服极限在拉伸和压缩时的差别。
4. 通过拉伸与压缩实验,比较铸铁的强度极限在拉伸和压缩时的差别。

实验三 纯弯曲梁的正应力实验

一、实验目的与要求

1. 初步掌握电测方法和多点测量技术。
2. 测定梁在纯弯和横力弯曲下的弯曲正应力及其分布规律。

二、仪器设备与工具

1. 电子万能试验机或简易加载设备。
2. 电阻应变仪及预调平衡箱。
3. 矩形截面钢梁。

三、实验原理及方法

WQ-5 纯弯曲梁实验装置见图 1-3-1, 试件简支于 A 、 B 两点, 在对称的 C 、 D 两点通过拉杆和横杆螺旋加载使梁产生弯曲变形, CD 梁受纯弯曲作用。采用转动手轮使螺旋下移加载, 总荷载的大小由压力传感器来测量。试样的受力见图 1-3-1。梁的材料为合金钢, 弹性模量为 $E = 210\text{GPa}$, 其他参数见表 1-3-1。

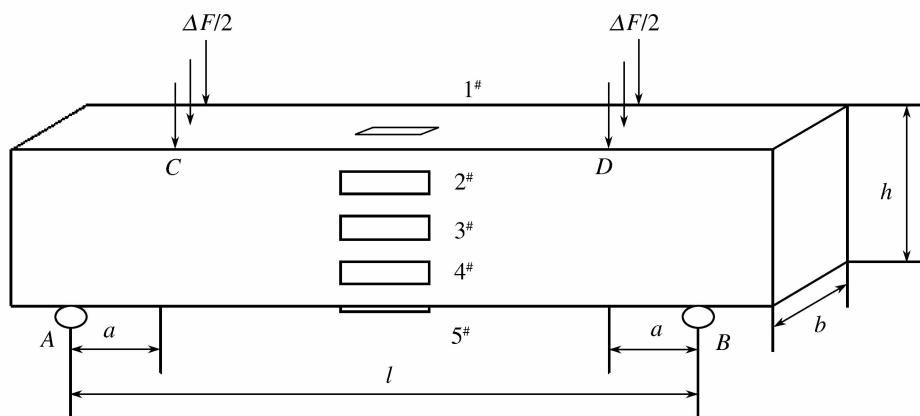


图 1-3-1 纯弯曲梁实验装置

表 1-3-1 原始参数表

材料	弹模 E (GPa)	几何参数			应变片参数		应变仪灵敏度 系数 $K_{\text{仪}}$
		b (cm)	h (cm)	a (cm)	灵敏度系数 $K_{\text{片}}$	电阻值 (Ω)	
合金钢							



为了测量应变随试件截面高度的分布规律,应变片的粘贴位置如图 1-3-1 所示。这样可以测量试件上下边缘、中性层及其他中间点的应变,便于了解应变沿截面高度的变化规律。

由材料力学可知,矩形截面梁受纯弯曲作用时正应力公式为

$$\Delta \sigma_{\text{理}} = \frac{M \cdot y}{I_z} \quad (3-1)$$

式中, M 为弯矩; y 为中性轴至欲求应力点的距离; $I_z = \frac{1}{12} b h^3$, 为横截面对 z 轴的惯性距。

本实验采用逐级等量加载的方法加载,每次增加等量的载荷 ΔF ,测定各点相应的应变增量一次,即初载荷为零,最大载荷为 5kN,等量增加的载荷 ΔF 为 1 kN。分别取应变增量的平均值(修正后的值) $\Delta \bar{\epsilon}_{\text{实}}$, 求出各点应力增量的平均值 $\Delta \bar{\sigma}_{\text{实}}$, 公式为

$$\Delta \bar{\sigma}_{\text{实}} = E \cdot \Delta \bar{\epsilon}_{\text{实}} \quad (3-2)$$

$$\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}} = \frac{\Delta M \cdot y}{I_z} \quad (3-3)$$

把测量得到的应力增量 $\Delta \bar{\sigma}_{\text{实}}$ 与理论计算出的应力增量 $\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}}$ 加以比较,从而可以验证公式的正确性,将上述理论公式(3-3)中的 ΔM 按下式求出

$$\Delta M = \frac{1}{2} \Delta F \cdot a \quad (3-4)$$

四、实验步骤

1. 打开电源,应变仪预热约 20 分钟。
2. 载荷为零时,调节应变仪初始读数为零或记录初始应变值(重复三次)。
3. 加载。按箭头指示方向旋转加载手轮缓慢加载。本实验中第一级载荷 $F_0 = 0 \text{ kN}$, 最大载荷 $F_{\text{max}} = 5.0 \text{ kN}$, 载荷增量 $\Delta F = 1.0 \text{ kN}$ 。记录每级载荷下各测点的应变值(包括正负号,负号表示压应变,正号不显示)。

注意:载荷最大加至 5.0 kN,不能超载;在测量过程中,尽量避免连接导线的晃动。

4. 实验完毕将载荷卸为零,工具复原,经指导老师检查后方可关闭应变仪电源。

五、实验结果的处理

1. 求出各测量点在等量载荷作用下,应变增量的平均值 $\Delta \bar{\epsilon}_{\text{测}}$ 。
2. 考虑到应变仪与应变片灵敏系数不同,按下式对应变增量的平均值 $\Delta \bar{\epsilon}_{\text{测}}$ 进行修正,得到实际的应变增量平均值 $\Delta \bar{\epsilon}_{\text{实}}$

$$\Delta \bar{\epsilon}_{\text{实}} = \frac{K_{\text{仪}}}{K_{\text{片}}} \cdot \Delta \bar{\epsilon}_{\text{测}} \quad (3-5)$$

式中, $K_{\text{仪}}$ 、 $K_{\text{片}}$ 分别为电阻应变仪和电阻应变片的灵敏系数。

3. 以各测点位置为纵坐标,以修正后的应变增量平均值 $\Delta \bar{\epsilon}_{\text{实}}$ 为横坐标,画出应变随试

件高度变化曲线。

4. 根据各测点应变增量平均值 $\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{实}}$ ，并结合式(3-2)计算测量的应力增量平均值 $\Delta \bar{\sigma}_{\text{实}}$ 。

5. 根据实验装置的受力图和截面尺寸，先计算横截面对 z 轴的惯性距 I_z ，再利用弯曲应力的理论公式(3-3)，计算在等增量荷载作用下，各测点的理论应力增量值 $\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}}$ 。

6. 比较各测点应力的理论值和实验值，并按下式计算相对误差

$$e = \frac{\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}} - \Delta \bar{\sigma}_{\text{实}}}{\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}}} \times 100\% \quad (3-6)$$

7. 在梁的中性层内，因 $\sigma_{\text{理}} = 0$ ， $\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}} = 0$ ，故只需计算绝对误差。

8. 比较梁中性层的应力。由于电阻应变片是测量一个区域内的平均应变，粘贴时又不可能正好贴在中性层上，所以只要实测的应变值是一个很小的数值，就可以认为测试是可靠的。

六、实验记录

表 1-3-2 测点位置

测点编号	1	2	3	4	5
测点至中性层的距离 $y(\text{mm})$					

表 1-3-3 实验记录

载荷(kN)		测点的应变读数($\mu\varepsilon$)									
F	ΔF	1		2		3		4		5	
0											
1											
2											
3											
4											
5											
应变增量平均值 $\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{实}}$											



表 1-3-4 实验结果

测点编号	1	2	3	4	5
应变修正值 $\Delta \bar{\epsilon}_{\text{实}} \left(= \frac{2.0}{2.16} \cdot \Delta \bar{\epsilon}_{\text{测}} \right)$					
应力实验值 $\Delta \bar{\sigma}_{\text{实}} (= E \cdot \Delta \bar{\epsilon}_{\text{实}})$					
应力理论值 $\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}} (= \frac{\Delta M \cdot y}{I_z})$					
误差 $e \left(= \frac{\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}} - \Delta \bar{\sigma}_{\text{实}}}{\Delta \bar{\sigma}_{\text{理}}} \times 100 \% \right)$					

表 1-3-5 实验记录

各测点应变片至中性层距离(mm)		梁的尺寸和有关参数
y_1 (测点 1)	-20	宽度 $b=20\text{mm}$ 高度 $h=40\text{mm}$ 跨度 $l=600\text{mm}$ 载荷距离 $a=125\text{mm}$ 弹性模量 $E=210\text{GPa}$ 惯性矩 $I_z=bh^3/12$ $1\mu\epsilon=10^{-6}\epsilon$ $1\text{MPa}=1\text{N/mm}^2$ $1\text{GPa}=10^3\text{MPa}$
y_2 (测点 2)	-10	
y_3 (测点 3)	0	
y_4 (测点 4)	10	
y_5 (测点 5)	20	

七、思考题

1. 影响实验结果准确性的主要因素是什么?
2. 在中性层上理论计算应变值 $\epsilon_{\text{理}} = 0$, 而有时实际测量 $\epsilon_{\text{实}} \neq 0$, 这是为什么?

单元二 机械原理实验

学生实验须知：

为培养学生的学习兴趣,保证实验教学的顺利进行,达到实验教学的要求和目的,学生应做到以下几点:

1. 做好实验前的准备工作,认真预习课程知识,明确实验原理、实验目的、方法和步骤。
2. 保持室内整洁,不制造垃圾,不做与实验无关的事。进入室内应关闭手机,保持安静和严肃。
3. 爱护实验仪器和设备,严格遵守操作规程,确保人员和设备仪器的安全,如发现故障应及时报告。
4. 实验结束,应将设备和仪器恢复到原正常状态,切勿动用与本次实验无关的其他设备和仪器。

实验一 机械零件认识实验

一、实验目的与要求

1. 初步了解“机械设计”课程所涉及的各种常用零件的结构、类型、特点及应用。
2. 了解各种标准零件的结构形式及相关的国家标准。
3. 了解各种传动的工作原理、类型、特点及应用范围。
4. 了解各种常用的润滑剂及相关的国家标准。
5. 增强对各种零部件及机器结构的认识。

二、实验方法

通过对实验指导书的先期学习、观察机械零件陈列柜中各种零件、实验教学人员讲解、答疑等直观教学手段,学生可将机器常用基本零件的理论概念与实际形态对应起来,增强对机械零件的感性认识。同时,学生通过观察机器的实物或模型,能准确辨识机器组成的基本要素——机械零件。



三、实验内容

(一) 螺纹联接

螺纹联接是利用螺纹零件工作的,主要用于紧固零件,基本要求是保证联接强度及联接可靠性。同学们应了解如下内容:

1. 螺纹的种类。

常用的螺纹主要有普通螺纹、米制锥螺纹、管螺纹、梯形螺纹、矩形螺纹和锯齿螺纹。前三种主要用于联接,后三种主要用于传动。除矩形螺纹外,其余都已标准化,除管螺纹还保留英制外,其余都采用米制螺纹。

2. 螺纹联接的基本类型。

常用的类型有普通螺栓联接、双头螺柱联接、螺钉联接及紧定螺钉联接。除此之外,还有一些特殊结构联接,如:专门用于将机座或机架固定在地基上的地脚螺栓联接,装在大型零部件的顶盖或机器外壳上便于起吊用的吊环螺钉联接及应用在设备中的 T 型槽螺栓联接等。

3. 螺纹联接的防松。

防松的根本问题在于防止螺旋副在受载时发生相对转动。防松的方法,按其工作原理可分为摩擦防松、机械防松及铆冲防松等。摩擦防松简单、方便,但没有机械防松可靠。对于重要联接,特别是在机器内部的不易检查的联接,应采用机械防松。常见的摩擦防松的方法有对顶螺母、弹簧垫圈及自锁螺母等;机械防松的方法有开口销与六角开槽螺母、止动垫圈及串联钢丝等;铆冲防松主要是将螺母拧紧后把螺栓末端伸出部分铆死,或利用冲头在螺栓末端与螺母的旋合处打冲,利用冲点防松。

4. 提高螺纹联接强度的措施。

(1)受轴向变载荷的紧螺栓联接,一般是因疲劳而破坏。为了提高抗疲劳强度,减小螺栓的刚度,可适当增加螺栓长度,或采用腰状杆螺栓与空心螺栓。

(2)不论螺栓联接的结构如何,所受的拉力都是通过螺栓和螺母的螺纹牙相接触来传递的,由于螺栓和螺母的刚度与变形的性质不同,各圈螺纹牙上的受力也是不同的。为了改善螺纹牙上的载荷分布不均程度,常用悬置螺母或钢丝螺套来减小螺栓旋合段本来受力较大的几圈螺纹牙的受力面。

(3)为了提高螺纹联接强度,还应减小螺栓头和螺栓杆的过渡处所产生的应力集中。为了减小应力集中的程度,可采用较大的过渡圆角和卸载结构。在设计、制造和装配上应力求避免螺纹联接产生附加弯曲应力,以免降低螺栓强度。

(4)最后是采用合理的制造工艺方法,来提高螺栓的抗疲劳强度,如:采用冷镦螺栓头部和滚压螺纹的工艺方法,或采用表面氮化、氰化、喷丸等处理工艺。

在掌握上述内容之后,通过参观螺纹联接展柜,应解决下列问题:

- (1)知道什么是普通螺纹、管螺纹、梯形螺纹和锯齿螺纹。
- (2)知道什么是普通螺纹、双头螺纹、螺钉及紧定螺钉联接。
- (3)知道采用摩擦防松与机械防松的零件。
- (4)了解联接螺栓的光杆部分做得比较细的原因。

(二)标准联接零件

标准联接零件一般是由专业企业按国标(GB)成批生产,供应市场的零件。这类零件的结构形式和尺寸都已标准化,设计时可根据有关标准选用。通过实验要能区分螺栓与螺钉;能了解各种标准化零件的结构特点、使用情况;了解各类零件有哪些标准代号,以提高标准化意识。

1. 螺栓。

螺栓一般是与螺母配合使用以联接被联接零件,无需在被联接的零件上加工螺纹,其联接结构简单,装拆方便,种类较多,应用最广泛。螺栓的国家标准有:GB 5782~5786 六角头螺栓;GB 31.1~31.3 六角头带孔螺栓;GB 8 方头螺栓;GB 27 六角头铰制孔用螺栓;GB 37 T形槽用螺栓;GB 799 地脚螺栓及 GB 897~900 双头螺栓等。

2. 螺钉。

螺钉联接不用螺母,而是紧定在被联接件之一的螺纹孔中,其结构与螺栓相同,但头部形状较多,以适应不同装配要求,常用于结构紧凑场合。螺钉的国家标准有:GB 65 开槽圆柱头螺钉;GB 67 开槽盘头螺钉;GB 68 开槽沉头螺钉;GB 818 十字槽盘头螺钉;GB 819 十字槽沉头螺钉;GB 820 十字槽半沉头螺钉;GB 70 内六角圆柱头螺钉;GB 71 开槽锥端紧定螺钉;GB 73 开槽平端紧定螺钉;GB 74 开槽凹端紧定螺钉;GB 75 开槽长圆柱端紧定螺钉;GB 834 滚花高头螺钉;GB 77~80 各种内六角紧定螺钉;GB 83~86 各类方头紧定螺钉;GB 845~847 各类十字槽盘头自攻螺钉;GB 5282~5284 各类开槽自攻螺钉;GB 6560~6561 各类十字槽盘头自攻锁紧螺钉;GB 825 吊环螺钉等。

3. 螺母。

螺母型式多样,按形状可分为六角螺母、四方螺母及圆螺母;按联接用途可分为普通螺母、锁紧螺母及悬置螺母等。应用最广泛的是六角螺母及普通螺母。螺母的国家标准有:GB 6170~6171、GB 6175~6176 1型及2型 A、B级六角螺母;GB 41 1型 C级螺母;GB 6172A、B级六角薄螺母;GB 6173A、B六角薄型细牙螺母;GB 6178、GB 6180 1、2型 A、B级六角开槽螺母;GB 9457、GB 9458 1、2型 A、B级六角开槽细牙螺母;GB 56 六角厚螺母;GB 6184 六角锁紧螺母;GB 39 方螺母;GB 806 滚花高螺母;GB 923 盖形螺母;GB 805 扣紧螺母;GB 812、GB 810 圆螺母及小圆螺母;GB 62 蝶形螺母等。

4. 垫圈。

垫圈有平垫圈、弹簧垫圈及锁紧垫圈等。平垫圈主要用于保护被联接件的支承面,弹簧及锁紧垫圈主要用于摩擦和机械防松场合。垫圈的国家标准有:GB 97.1~97.2、GB 95~



96、GB 848、GB 5287 各类大、小及特大平垫圈；GB 852 工字钢用方斜垫圈；GB 853 槽钢用方斜垫圈；GB 861.1 及 GB 862.1 内齿、外齿锁紧垫圈；GB 93、GB 7244、GB 859 各类弹簧垫圈；GB 854~855 单耳、双耳止动垫圈；GB 856 外舌止动垫圈；GB 858 圆螺母止动垫圈。

5. 挡圈。

挡圈常用于固定轴端零件。挡圈的国家标准有：GB 891~892 螺钉、螺栓紧固轴端挡圈；GB 893.1~893.2A 型、B 型孔用弹性挡圈；GB 894.1~894.2A 型、B 型轴用弹性挡圈；GB 895.1~895.2 孔用、轴用钢丝挡圈；GB 886 轴肩挡圈等。

(三) 键、花键及销联接

1. 键联接。

键是一种标准零件，通常用来实现轴与轮毂之间的周向固定以传递转矩，有的还能实现轴上零件的轴向固定或轴向滑动的导向。键联接的主要类型有：平键联接、楔键联接和切向键联接。各类键使用的场合不同，键槽的加工工艺也不同，可根据键联接的结构特点、使用要求和工作条件来选择，而键的尺寸则应按标准规格和强度要求来取定。键的国家标准有：GB 1096~1099 各类普通平键、导向键及各类半圆键；GB 1563~1566 各类楔键、切向键及薄型平键等。

2. 花键联接。

花键联接由外花键和内花键组成，适用于定心精度要求高、载荷大或经常滑移的联接。花键联接的齿数、尺寸、配合等均按标准选取，可用于静联接或动联接。按其齿形可分为矩形花键(GB 1144)和渐开线花键(GB 3478.1)。矩形花键由于多齿工作，承载能力高、对中性好、导向性好、齿根较浅、应力集中较小、轴与毂强度削弱小等优点，广泛应用在飞机、汽车、拖拉机、机床及农业机械传动装置中；渐开线花键联接，受载时齿上有径向力，能起到定心作用，使各齿受力均匀，由于其强度大、寿命长等特点，主要用于载荷较大、定心精度要求较高以及尺寸较大的联接。

3. 销联接。

销主要用来固定零件之间的相对位置时，称为定位销，它是组合加工和装配时的重要辅助零件；用于联接时，称为联接销，可传递不大的载荷；作为安全装置中的过载剪断元件时，称为安全销。

销有多种类型，如：圆柱销、槽销、销轴和开口销等，这些均已标准化，主要国家标准有：GB 119、GB 20、GB 878、GB 879、GB 117、GB 118、GB 881、GB 877 等。各种销都有各自的特点，如：圆柱销多次拆装会降低定位精度和可靠性；锥销在受横向力作用时可以自锁，安装方便，定位精度高，多次拆装不影响定位精度等。

以上几种联接，通过展柜的参观，同学们要仔细观察其结构、使用场合，并能分清和认识以上各类零件。

(四)机械传动

机械传动有螺旋传动、带传动、链传动、齿传动及蜗杆传动等。各种传动都有不同的特点和使用范围,同学们在“机械设计”课程的学习当中对这些传动知识会有深入的了解,这里仅对实物进行初步观察,以增强对各种机械传动构件的感性认识,为今后的课程理论学习和课程设计打下良好基础。

1. 螺旋传动。

螺旋传动是利用螺纹零件来工作的,作为传动件,应确保螺旋副的传动精度、效率和磨损寿命等。其螺纹种类有矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿螺纹等。按其用途可分为传力螺旋、传动螺旋及调整螺旋三种;按摩擦性质不同又可分为滑动螺旋、滚动螺旋及静压螺旋等。

(1)滑动螺旋常为半干摩擦,摩擦阻力大、传动效率低(一般为30%~60%)。滑动螺旋结构简单,加工方便,易于自锁,运转平稳,但在低速时可能出现爬行;其螺纹有侧向间隙,反向时有空回行程,定位精度和轴向刚度较差,要提高精度必须采用消隙机构;磨损快。滑动螺旋应用于传力或调整螺旋时,要求能自锁,常采用单线螺纹;用于传动时,为了提高传动效率及直线运动速度,常采用多线螺纹(线数 $n=3\sim 4$)。滑动螺旋主要应用于金属切削机床的进给,分度机构的传动螺纹,摩擦压力机及千斤顶的传力螺旋。

(2)滚动螺旋因螺旋中含有滚珠或滚子,在传动时摩擦阻力小,具有传动效率高(一般在90%以上)、起动力矩小、传动灵活、工作寿命长等优点,但结构复杂,制造较难。滚动螺旋具有传动可逆性(可以把旋转动变为直线运动,也可把直线运动变成旋转运动),为了避免螺旋副受载时逆转,应设置防止逆转的机构;运转平稳,起动时无颤动,低速时不爬行;螺母与螺杆经调整预紧后,可得到很高的定位精度($6\mu\text{m}/0.3\text{m}$)和重复定位精度(可达 $1\mu\text{m}\sim 2\mu\text{m}$),并可提高轴的刚度;工作寿命长、不易发生故障,但抗冲击性能较差。滚动螺旋主要用在金属切削精密机床、数控机床、测试机械、仪表的传动和调整螺旋,起重、升降机、汽车、拖拉机转向机构的传力螺旋,飞机、导弹、船舶、铁路等自控系统的传动和传力螺旋上。

(3)为了降低螺旋传动的摩擦,提高传动效率,并增强螺旋传动的抗震性能,将静压原理应用于螺旋传动中,制成静压螺旋。静压螺旋是液体摩擦,摩擦阻力小,传动效率高(可达99%),但螺母结构复杂。静压螺旋具有传动的可逆性,必要时应设置防止逆转的机构;工作稳定,无爬行现象;反向时无空行程,定位精度高,并有较强轴向刚度;磨损小及寿命长;使用时需要一套压力稳定、温度恒定、有精滤装置的供油系统。静压螺旋主要用于精密机床进给分度机构的传动螺旋。

2. 带传动。

带传动的类型包括靠摩擦传力的摩擦带传动和靠啮合传力的同步带传动。

摩擦带传动靠传动带被张紧(预紧力)而压在两个带轮上,由主动轮通过摩擦带动传动带后,再由传动带带动从动轮转动。它具有传动中心距大、结构简单、过载打滑(保护)等特点。按带的截面形状,带传动可分为平带、V带、圆带、多楔带、同步带。



平带传动结构最简单,带轮容易制造,在传动中心距较大的情况下应用较多,常用于物料的输送。

V带较平带传动能产生更大的摩擦力,再加上传动比较大、结构紧凑、标准化程度高,故应用广泛。

圆带用于中小功率传递。

多楔带传动兼有平带和V型带传动的优点,柔性好、摩擦力大、能传递的功率大,并能解决多根V型带长短不一使各带受力不均匀的问题,主要用于传递功率较大而结构要求紧凑的场合,传动比可达10,带速可达40m/s。

同步带是沿纵向制有很多齿,带轮轮面也制有相应齿,它是靠齿的啮合进行传动,可使带与轮的速度一致,保持准确的传动比。

3. 链传动。

链传动由主动链轮齿带动链以后,通过链带动从动链轮,属于带有中间挠性件的啮合传动。与属于摩擦传动的带传动相比,链传动无弹性滑动和打滑现象,具有平均传动比准确,但瞬时传动比不恒定(多边形效应)的特点,传动效率高。按用途不同可分为传动链传动、输送链传动和起重链传动。输送链和起重链主要用在运输和起重机械中,而在一般机械传动中,常用传动链。

传动链有短节距精密滚子链(简称滚子链)、齿形链等。

在滚子链中,为使传动平稳,结构紧凑,宜选用小节距单排链,当速度高、功率大时则选用小节距多排链。

齿形链又称无声链,它是由一级带有两个齿的链板左右交错并列铰链而成。齿形链设有导板,以防止链条在工作时发生侧向窜动。与滚子链相比,齿形链传动平稳、噪声低、承受冲击性能好、工作可靠。

链轮是链传动的主要零件。链轮齿形已标准化(GB 1244、GB 10855),链轮设计主要是确定其结构尺寸、选择材料及热处理方法等。

4. 齿轮传动。

齿轮传动是机械传动中最重要的传动之一,形式多样、应用广泛。其主要特点是:效率高、结构紧凑、工作可靠、传动比稳定等。可做成开式、半开式及封闭式传动。失效形式主要有轮齿折断、齿面点蚀、齿面胶合、齿面磨粒磨损及齿面塑性变形等。

常用的渐开线齿轮有直齿圆柱齿轮传动、斜齿圆柱齿轮传动、标准圆锥齿轮传动、圆弧齿圆柱齿轮传动等。齿轮传动啮合方式有内啮合传动、外啮合传动、齿条传动等。同学们参观时一定要了解各种齿轮特征、主要参数的名称及几种失效形式的主要特征,使实验在真正意义上与理论学习产生互补作用。

5. 蜗杆传动。

蜗杆传动是在空间交错的两轴之间运动和动力传递的一种机构,常用于两轴空间90°交

错的传动。

蜗杆传动有下述特点:当使用单头蜗杆(相当于单线螺纹)时,蜗杆旋转一周,蜗轮只转过一个齿距,因此能实现大传动比。在动力传动中,一般传动比 $i=5\sim 80$;在分度机构或手动机构的传动中,传动比可达 300;若只传递运动,传动比可达 1000。由于传动比大,零件数目又少,因而结构很紧凑。在传动中,蜗杆齿是连续不断的螺旋齿,与蜗轮啮合是逐渐进入与逐渐退出,故冲击载荷小,传动平衡,噪声低;但当蜗杆的螺旋线升角小于啮合面的当量摩擦角时,蜗杆传动便会自锁;另外蜗杆传动与螺旋传动相似,在啮合处有相对滑动,当速度很大、工作条件不够良好时会产生严重摩擦与磨损,引起发热,摩擦损失较大,效率低。

根据蜗杆形状不同,分为圆柱蜗杆传动、环面蜗杆传动和锥面蜗杆传动。通过实验,应了解蜗杆传动结构及蜗杆减速器的种类和形式。

(五)轴系零、部件

1. 轴承。

轴承是现代机器中广泛应用的部件之一。根据摩擦性质的不同,轴承分为滚动轴承和滑动轴承两大类。滚动轴承由于摩擦系数小,起动阻力小,而且已标准化(国家标准有:GB/T 281、GB/T 276、GB/T 288、GB/T 292、GB/T 285、GB/T 5801、GB/T 297、GB/T 301 及 GB/T 4663、GB/T 5859 等),选用、润滑、维护都很方便,因此在一般机器中应用较广。滑动轴承按其承受载荷方向的不同,分为径向滑动轴承和止推轴承;按润滑表面状态不同,又可分为液体润滑轴承、不完全液体润滑轴承及无润滑轴承(指工作时不加润滑剂);按液体润滑承载机理不同,又可分为液体动力润滑轴承(简称液体动压轴承)和液体静压润滑轴承(简称液体静压轴承)。

2. 轴。

轴是组成机器的主要零件之一。一切做回转运动的传动零件(如:齿轮、蜗轮等)都必须安装在轴上才能进行运动及动力的传递。轴的主要功能是支承回转零件、传递运动和动力。

按承受载荷的不同,轴可分为转轴、心轴和传动轴三类;按轴线形状不同,可分为曲轴和直轴两大类,直轴又可分为光轴和阶梯轴。光轴形状简单,加工容易,应力集中源少,但轴上的零件不易装配及定位;阶梯轴正好与光轴相反。所以光轴主要用于心轴和传动轴,阶梯轴则常用于转轴。此外,还有一种钢丝软轴(挠性轴),它可以把回转运动灵活地传到不开敞的空间位置。

轴的失效形式主要是疲劳断裂和磨损。防止失效的措施是:从结构设计上力求降低应力集中(如:减小直径差、加大过渡圆半径等,可详看实物),或是提高轴的表面品质,包括降低轴的表面粗糙度、对轴进行热处理或表面强化处理等。

轴上零件的固定,主要是轴向和周向固定。轴向固定可采用轴肩、轴环、套筒、挡圈、圆锥面、圆螺母、轴端挡圈、轴端挡板、弹簧挡圈、紧定螺钉方式;周向固定可采用平键、楔键、切向键、花键、圆柱销、圆锥销及过盈配合等联接方式。