

材料力學实验指导書

華東紡織工學院

1 9 6 1

实 驗 規 則

一、实验前必須作好准备，复习有关的理論部分及預习实验指导，了解本次試驗的目的、要求、实验方法及步驟；基本上知道有关的試驗机、仪器的原理及使用方法等。准备不合格者不得参加实验。

二、准时进入實驗室，不得无故迟到或早退，进入實驗室后要保持安靜和整洁。

三、实验时要遵守操作規程，小組各成員分工配合，实验前由組長負責分工。准备就绪后須經指导教师檢查認為合格时，方可开动試驗机。

四、实验时要特別注意人身安全，細心謹慎地使用仪器設備。如有事故，应即报告指导教师，不得隱瞞或擅自处理。

五、非本次实验所需用品、仪器及設備等，一律不得乱动。

六、实验结束后，由組長負責整理和清点仪器用品归还指导教师。实验記錄須經指导教师签字認可后，方可离开。

七、在規定日期內，每人交实验报告一份。計算、图表要清晰整齐，思考題須認真回答。不合要求者，必須重做。未交报告者不得参加下次实验。

八、除特殊原因請假外，未能参加之实验应予补做。实验成績为期末考查之一部分。

緒 言

材料力学是一門研究各种构件承載能力的科学。学习這門課程是使未來的工程技術人員掌握合理地確定构件材料、截面形狀及尺寸以符合設計要求的理論基础和實驗技術。

材料力学實驗是這門課的有机組成部分。材料力学的理論是根据工程实践与實驗所积累的材料提出假設，經過数学演繹而得出的。已經建立起來的理論必須經過实践与實驗的反复考驗。所以材料力学實驗一方面是建立理論的根据，另一方面要通过實驗來檢驗理論、修正理論和发展理論。

为了解决工程設計方面的問題，必須知道材料的机械性質。諸如材料的强度、彈性、塑性、脆性、韌度、硬度、持久极限等等，所有这些性質只有通过實驗才能測定。在現代工业技术与科学高度发展的情况下，需要找寻滿足特殊要求的新材料或代用品，这就需要對金屬及非金屬材料进行大量實驗的研究。

在强度計算方面，由于近代結構中的形狀及受力情况日益复杂，还無法依靠理論分析求出精確的解答。在这种情况下，只有借助于專門的實驗方法，例如电測法，光測法，比拟法，涂漆法等來研究构件內的应力分布情况，这就是實驗应力分析的部分。

由此可見，材料力学實驗是学好材料力学的重要环节。通过實驗，培养同学理論联系实际的学风，熟悉和掌握實驗的机器、儀器的构造与用法，在未来的工作中运用这些基本技能去解决实际問題。同时實驗是高度发展思維的过程，使同学学会分析与处理實驗資料的方法，从而鍛練独立思考与独立工作的能力。

實驗的項目分为兩类：測定材料的机械性質，由于紡織机械一般在常溫下使用，故我們主要进行常溫下机械性質的測定；另一类是运用新的實驗技术进行应力分析与理論公式的驗證。

要使實驗做好，同學們必須遵守實驗規則；在實驗时应专心观察實驗現象，进行思考，認真做好数据記錄，及时整理与分析，写出心得与体会。通过每次實驗，使理論学得更深更透，同时逐步培养从事科学研究的能力。

材料力学实验指导書目录

实验規則

緒言

一、低炭鋼及鑄鉄拉伸試驗·····	(1)
二、低炭鋼及鑄鉄压缩試驗·····	(15)
三、低炭鋼及木材剪切試驗·····	(19)
四、鑄鉄弯曲試驗·····	(23)
五、涂漆法应力分析·····	(26)
六、简单載荷时的应力測定·····	(30)
七、低碳鋼彈性模数 E 及泊松比 μ 測定·····	(41)
八、复合載荷时的应力測定·····	(48)
九、梁的振动試驗·····	(51)
十、光彈性試驗(一)·····	(57)
十一、光彈性試驗(二)·····	(62)
十二、低炭鋼及鑄鉄的冲击試驗·····	(76)
十三、金屬材料的疲劳試驗(示范)·····	(84)
附录: 一 实验数据处理·····	(91)
二 关于数字計算的一些問題·····	(94)
三 計算尺原理和用法的簡單介紹·····	(97)

一 低炭鋼及鑄鐵拉伸試驗

目 的:

測定低炭鋼的屈服極限 σ_T , 強度極限 σ_B , 塑性性能 δ 與 ψ , 畫出拉伸圖($P-dl$ 曲綫)及伸長分布圖。測定鑄鐵的強度極限 σ_B , 塑性性能 δ 與 ψ 。並對這兩種典型材料受拉的機械性質作比較。

原 理:

靜荷拉伸試驗是測定材料機械性質最基本的試驗, 通過它可以知道材料的強度與塑性的特性。同時也可估計在其它變形時材料的性能與動荷下的某些特性。

由實驗知道: 試件的尺寸、形狀及加力速度的快慢對實驗結果頗有影響。為了使實驗結果可以相互比較, 對試件的尺寸、形狀與測量變形的長度都予以標準化。試件的握持部份可為階梯形, 螺紋或者也可直接用鋸齒面夾塊直接夾緊(圖1)。試件的截面可為圓形或矩形, 尺寸也可隨原料而異。但必須滿足下述關係:

$$l_0 = 11.3 \sqrt{F_0} \quad \text{或} \quad l_0 = 5.65 \sqrt{F_0}$$

就圓形截面來說:

$$l_0 = 10d_0 \quad \text{或} \quad l_0 = 5d_0$$

式中: l_0 為量測變形的試件原始長度, 稱標距或計算長度;
 d_0 為原始直徑; F_0 為原始橫截面面積。

这种试件称为比例试件。试验表明,外形相似的比例试件可以得到相同的結果。

我国圆形截面标准试件尺寸如下:

$$d_0 = 20^{\text{mm}}; l_0 = 100^{\text{mm}} \text{ 或 } 200^{\text{mm}}$$

试件的制造误差如表一所示:

表 一

试件直径 d_0 (mm)	标距长度内的尺寸允许误差 (mm)		标距长度内最大直径和 最小直径间的允许偏差 (mm)
	d_0	l_0	
10以下	± 0.1	± 0.1	± 0.02
≥ 10	± 0.2	± 0.1	± 0.05

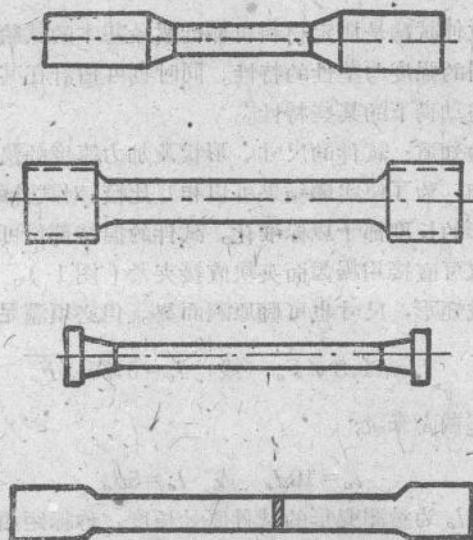


图1 拉伸试件的几种形状

低炭鋼與鑄鐵的拉伸圖如圖2所示，鑄鐵拉伸時會發生突然的斷裂， $P-\Delta l$ 曲線沒有明顯的直線部分，因為它殘余變形很小，稱為脆性材料。低炭鋼拉伸時會產生很顯著的塑性變形，故稱為塑性材料。它的變形過程比較複雜，現將此情況扼要指出下列幾點：

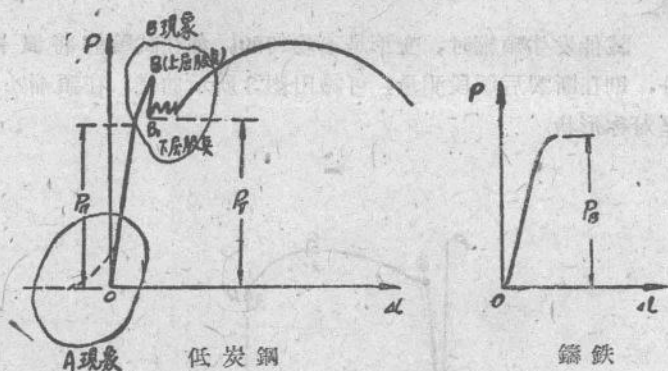


圖2 低炭鋼與鑄鐵的拉伸圖

拉伸圖上開始有坡度較小的線段(圖2A現象)，繼而進入直線部分這是由於開始時試驗機機件間和試件與夾具間存在空隙。當機器開動後，機件空隙消除，試件被夾緊，於是就進入服從虎克定律的階段。當曲線到達B點時(圖2B現象)，出現鋸齒形波動，這表明材料開始屈服，是晶格逐層滑移的表現(如試件表面很光滑，則可看出與軸線傾斜 45° 的滑移綫——切爾諾夫綫)；以後便是強化的過程，在這過程中塑性變形是均勻的。當載荷達到最大值時，試件上出現局部變形的頸縮現象；於是載荷下降，試件斷裂。

屈服階段的最高點稱為上屈服點，它的數值與試驗措施有關。故通常取數值較小的載荷——下屈服點作為發生屈服的標

誌。某些材料如果没有明显屈服阶段，则可取残余变形为 0.2% 时的应力值为屈服点。

当材料屈服后，若将载荷卸掉，则可描出与比例部分平行的直线；再行加载时，则又沿此直线上升，到原卸荷处转弯。这种现象称为冷作，工程上就用它来提高低碳钢的比例极限以节约材料。

试件发生颈缩时，变形是不均匀的，如在试验前将试件等分，则在断裂后逐段测量，可绘出图 3 所示曲线，在颈缩处两边呈对称形状。

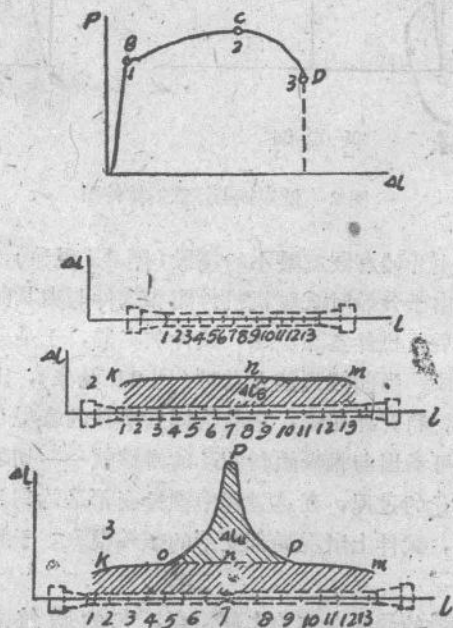


图 3 残余伸长分布图

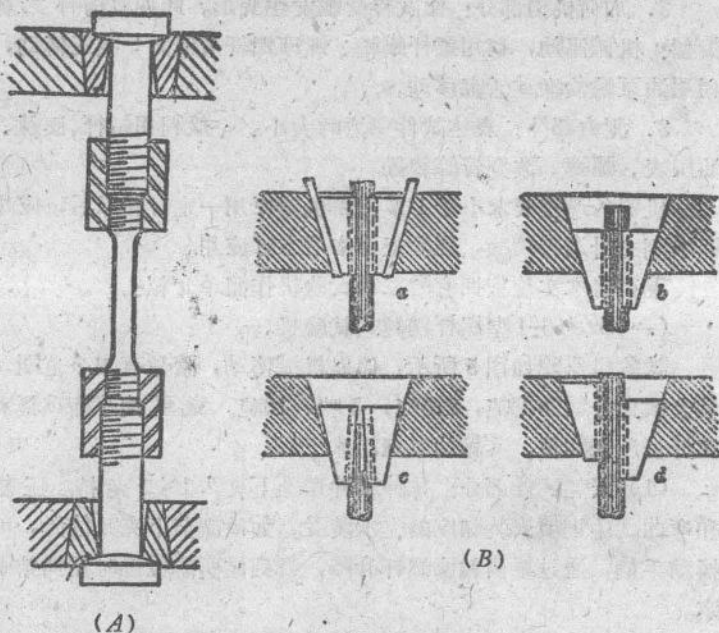


图4 試件各种夹持形式

仪器设备:

拉伸試驗通常在全能試驗机上进行,所以称为全能是因为在这試驗机上还可以进行压缩、弯曲、剪切等試驗。全能試驗机的結構可分为三部分:

1. 安装試件部分: 主要部件为工作台及夹持或安装試件的装置。

机器上备有各种夹头,以夹持試件。作拉伸試驗有螺母式的(图4A),使用时須將試件螺紋部分完全旋入;有夹板式的(图4B),使用时須選擇适当尺寸的夹块,兩边对称;有阶台式的,使用时試件与垫块間須配合良好。

2. 加荷机构部分：使試件受載发生变形。此种机构有二种类型：机械傳动，利用蜗杆蜗輪、螺母螺杆来傳力；液压傳动，利用油泵輸油推动活塞移动。

3. 測力部分：表达試件受力的大小。一般利用槓杆、摆錘、油压表、彈簧、波登管等装置。

机器的誤差要求小于1%，当机器使用一定時間以后，应用标准測力計进行校驗，經檢查合格后方可应用。

現在將本實驗室拥有的二种試驗机作簡單介紹：

(一)SZ-10-1型螺杆摆錘式試驗机。

試驗机全貌如图5所示，係靠机械傳动，讀数有四个范围，最大載荷分別为1吨，2.5吨，5吨，10吨。靠更換平衡重錘和摆杆长度来实现。其結構原理簡述于后：

(1) 安装試件部分：拉伸試件用上下夹头1, 2夹持。压縮和弯曲試驗則須安装相应的支承装置。如欲調节下夹头位置，可搖动手柄，通过錐齿輪使螺杆升降，当到达所需位置时用插銷固定。

(2) 施力部分：如要運轉較快时，可用馬达傳动，开关8有三个位置。“0”为停止，“1”位馬达轉速720轉/分，下夹头速度12公分/分，“2”位馬达轉速1440轉/分。杆4为操縱升降之用，如扳向下方，則使下夹头下降使試件受力；反之則馬达反轉。如要求加载速度很慢，可不开馬达，而用手柄9搖动。

注意：开动馬达前必須將手柄9取下，以防馬达轉动时手柄飞出伤人。

(3) 測力部分：上夹头1与槓杆10相連，当試件受拉时，上夹头1下降，槓杆10繞支点轉动，拉动連杆11使摆13成傾斜位置；並带动讀数盘指針轉动，示出載荷数值。示力盘右边的自动繪图装置，鉛笔隨摆之傾斜而水平移动，連接在上夹头上的鏈条使圓筒旋轉。在加载时兩者同时动作，就繪出P-Δl图。

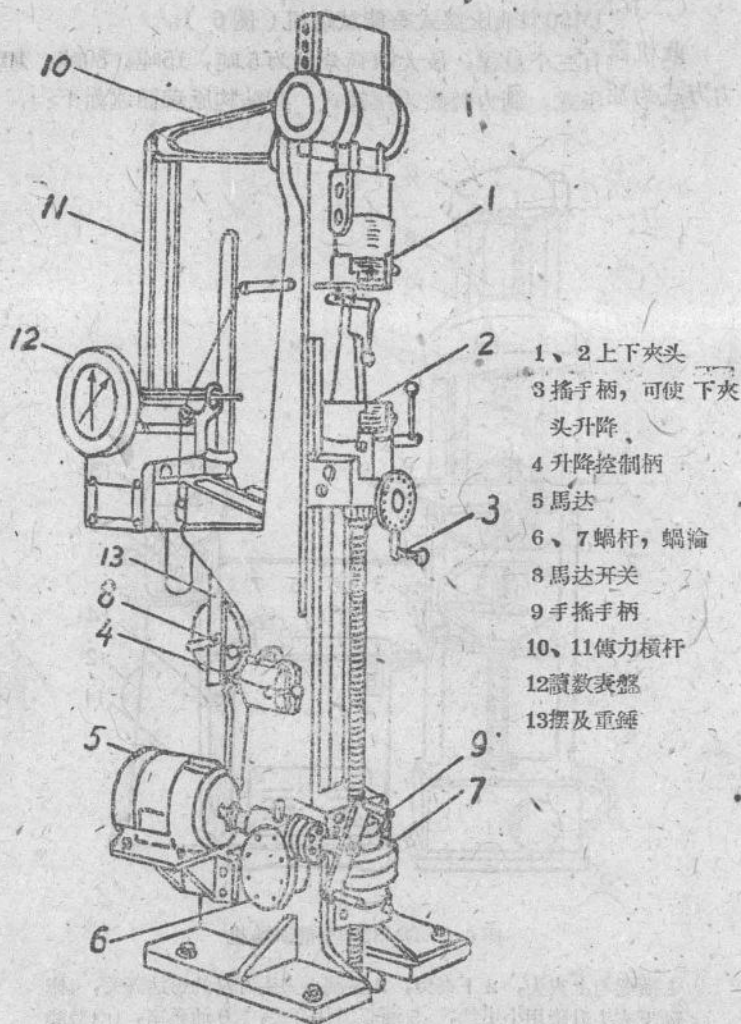


图5 SZ-10-1試驗机

(二)ZDM30型油压摆式全能试验机(图6)。

此机器有三个量程,最大载荷分别为5吨,15吨,30吨。加力方式为油压式,测力装置为摆锤式,其结构原理简述如下:

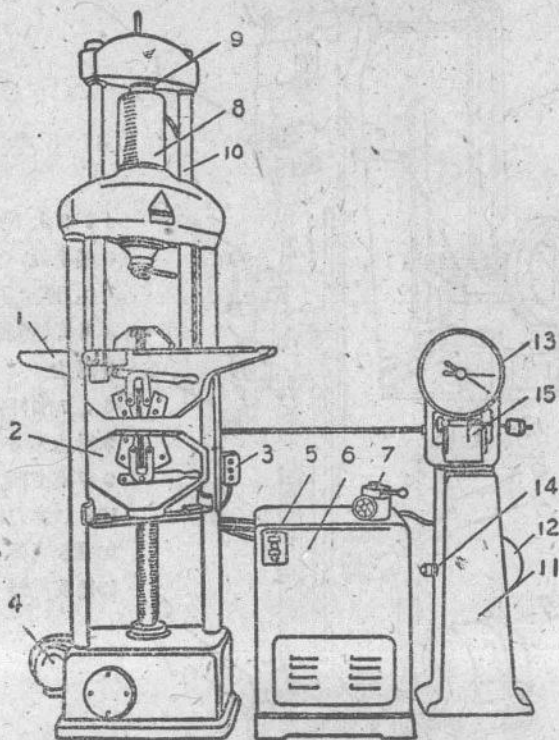


图6 ZDM30型全能试验机

1横梁与上夹头, 2下夹头, 3控制下夹头升降的马达开关, 4传动下夹头升降用小马达, 5油泵马达开关, 6油泵箱, (内装油泵、油槽与马达), 7控制阀, (有粗调与细调, 调节进油量), 8、9油缸与活塞, 10立柱, 11测力部分机座, 12摆锤, 13读数盘, 14阻尼阀, (使试件断裂后摆锤缓慢回复), 15自动绘图装置。

(1) 安裝試件部分：拉伸試件放在橫梁1，與下夾頭2之間。為了適應不同長度的試件，下夾頭的位置可搬動電鈕3，開動小馬達4來調節（上電鈕為“上升”，下電鈕為“下降”）。壓縮或彎曲試件放在橫梁壓塊上或支座上，當橫梁隨活塞上升時，試件即受到載荷。

(2) 施力部分：按壓電鈕5，開動油泵馬達（上電鈕為“開”，下電鈕為“關”），油泵從油槽吸取油液送入油缸，使橫梁1上升，上升的快慢靠控制閥7來調節，手柄為大調，手輪為微調。試驗結束後，將手柄扳至“-”處，油即從油缸經油管回到油槽，橫梁即下降。油缸上方為溢油管，活塞升到一定高度，油可從管子回到油箱，防止活塞上升過高而傾倒。同時此油管亦作洩掉漏油之用。

(3) 測力部分：油缸8下方有一油管通到測力部分，將油缸內油壓傳到測力機構的另一小油缸內，此小油缸內的活塞受到油壓作用而下降，經過一系列槓桿傳動，使擺錘12傾斜，帶動讀數指針轉動，由表盤上讀出載荷數值。擺錘重量可以調換，所以傾角雖同，却可得出不同讀數。

由於油缸8內油壓一部分是用來推動橫梁，所以在開動油泵後，待油壓入油缸時調整讀數盤零位，以除去這部分重量。

(4) 其他：表盤下方為自動繪圖裝置15，其構造與SZ-10-1型相仿，阻尼閥14使回油孔隨重錘之增加而減少，以使試件斷裂時擺錘不致急速回擺。

(三) ZDM50型全能試驗機；最大載荷分別為10噸，25噸，50噸三個量程，其它構造與ZDM30型相同。

試驗方法和步驟：

1. 量取試件直徑 d_0 及標距 l_0 （ d_0 要在標距內量三個截面，取其平均值）。

2. 根据試件之橫截面面积估計破坏載荷，選擇測力范围，調整摆杆上重錘的重量，並相应地調整阻尼閘于相应位置。

3. 按掀油泵馬达开关5，扳动大調控制閘朝“+”向轉动，使橫梁上升約2公分，扳回手柄至箭头对准“0”位。將繪图裝置齒輪配好。

4. 將試件夹在上夹头內，掀开关3开动小馬达使下夹头位于适当位置后关闭小馬达。

注意：調节下夹头时，嚴禁把下夹头夹住試件，以防馬达燒毀。

5. 开动油泵馬达，托起下夹头，使其夹紧試件。順时針方向徐徐轉动手輪控制閘，使試件受力。

6. 当 $P-\Delta l$ 图上出現屈服阶段时，指針前后摆动，記下下屈服載荷值。当試件断裂时，記下最大載荷，試件断裂后，关闭馬达开关。

7. 取下試件，將試件兩半段合攏，量取标距間长度 l 及頸縮处直徑 d ，並量取各分段长度值。

附註：試件屈服后，可卸除載荷，重行加载，观察曲綫的变化和冷作現象。

注意事項：

(1) 加载荷时要緩慢，宜用微調手輪控制，調节时根据指針快慢决定。

(2) 調节下夹头高低位置时，切勿將下夹头夹紧試件。

(3) 注意讀数盘指針的移动情况，及时記錄数据。

預习問題：

(1) 低炭鋼与鑄鉄的拉伸过程有何区别？

(2) 低炭鋼屈服时有何特征？

(3) 何謂单位殘余伸長与单位殘余收縮，如何計算？

(4) 低炭鋼拉伸时有那些特性点？鑄鐵有那些？

报告內容：

描繪拉伸图，計算材料的强度与塑性数值。繪出頸縮区域殘余伸長分布图。

对实验現象进行討論：例如为什么屈服时会出現載荷的波动；頸縮时材料处在什么应力状态等。

材料力学实验报告^(註1)

系_____专业_____年級_____班, 姓名_____

同組成員: _____

实验日期: _____ 室溫: _____ 指导教师: _____

低炭鋼与鑄鉄的拉伸試驗

目的:

设备及用具:

繪图与計算:

(一) 低炭鋼試件:

	尺 寸	形 状
試驗前	直徑 d_0 橫截面面积 F_0 标距 l_0	
試驗后	最小直徑 d 最小橫截面面积 F 标距 l	

(註1) 这是实验报告的格式, 以后每次实验报告都参照此格式写在另外的报告紙上。