

中等农业学校

材料力学

(試用本)

农业机械化专业适用

河南省农林厅教材編輯委员会編
河南省人民出版社

前 言

在党的建設社会主义总路綫的光輝照耀下，我省早已出現了工农业生产为中心的全面大跃进的新形势和已經掀起群众性的技术革命和文化革命的高潮，各地均先后开办了农业大学、中等农业技术学校、初級农校以及“紅专”学校。为适应这一新的革命形势的需要，我省农业教育工作必須从教学計划、教学大綱、教学內容、教学組織、教学方法等各方面进行根本的改革，才能保証貫徹实现党的“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义的总路綫”，实现勤工俭学、勤俭办学、教育与生产相結合的教育方針，培养出又“紅”又“专”的技术队伍。

为此，我們于今年三月中旬組織了农业技术学校、农林干校的126名教职員分为14个专业小組到71个县〈市〉178个农业生产合作社，1307个生产单位进行了參觀和調查研究工作，总結出340个先进生产經驗和高額丰产典型，收集了3193种参考資料。現已編写出十六种专业教学計划、155种教学大綱和教科書，陸續出版，供各地教学試用。由于我們水平不高，時間短，和有关方面研究的不够，难免有不妥之处。望各地在試用中多多提出意見，随着农业生产发展的需要加以修改。

河南省农林厅教材編輯委员会

1958年8月26日

目 录

第一章 引言.....	(1)
§1 研究材料力学的目的任务及材料力学的发展.....	(1)
§2 内力和外力.....	(2)
§3 变形的基本概念及其形式	(5)
第二章 拉伸与压缩	(6)
§4 基本原理.....	(6)
§5 拉伸图、材料之机械性质	(11)
§6 压缩时塑性与脆性材料破坏之情况, 压缩图	(14)
§7 许可应力与安全因数	(16)
§8 拉伸及压缩的强度公式	(18)
§9 拉伸与压缩的不定问题	(20)
§10 单向受力状态时斜截面上的应力	(22)
§11 在二向应力状态里的应力	(25)
第三章 剪切和扭转.....	(28)
§12 关于剪切的观念、切应力、剪切虎克定律	(23)
§13 剪切和挤压的计算原理	(30)
§14 铆接计算	(32)
§15 焊接计算	(36)
§16 关于扭转之概念	(38)
§17 圆杆扭转时的应力及变形的公式	(39)
§18 扭矩图的作法.....	(43)
§19 圆柱截面杆的扭转计算	(46)
§20 圆柱形螺旋弹簧的计算	(49)
第四章 直梁的弯曲.....	(52)
§21 弯曲变形的概念	(52)
§22 梁的构造和支点反作用力的求法.....	(53)
§23 梁断面上的内力, 剪力和弯矩及其关系	(56)

§24 剪力图和弯矩图的作法	(58)
§25 纯弯曲变形的特点	(61)
§26 弯曲时正应力的计算	(66)
§27 弯曲强度公式及梁断面的合理形状	(69)
§28 弯曲时切向应力的计算	(72)
§29 挠度与转角	(74)
§30 静不定梁	(79)
第五章 复合抗力	(83)
§31 基本原理	(83)
§32 斜弯曲	(83)
§33 弯曲和拉伸或压缩的组合作用	(87)
§34 偏心拉伸或压缩	(91)
§35 弯曲和扭转的同时作用	(93)

第一章 引 言

§1. 研究材料力学的目的任务及材料力学的发展

材料力学是研究和計算机器和建筑各部分强度的科学。如拖拉机牵引农具在工作时联结插销不会折断而安全可靠，那么我們說插销的强度是足够了，这就合乎强度的要求。又如拖拉机发动机中，当连杆承受作用在活塞上的气体压力而安全的工作着，我們也必須要求连杆的强度足够。而材料力学的任务也就是对零件或由零件所组成的构件进行强度計算。但是实际的设计工作中，除了对零件和构件满足强度的要求外，还要考虑經濟和耐久的原則。在农具改革运动中，农民創造发明了不少木制机件的农具代替了某些鉄件，这就完全符合多快好省的精神，合乎就地取料的經濟原則。通过强度計算，材料力学的目的是要計算出既安全、又經濟耐久的断面形状尺寸，进一步选择适当的材料。我們农机专业研究材料力学的目的，就是要为拖拉机、汽車、农业机械及其他机械各种设计打下理論的基础。

科学的产生，是由于生产斗争的需要。就材料力学而言，人們从生产活动中获得了有关于材料强度的知識，不断的积累和发展了这门科学。如在古代穴居时代，人类与大自然的斗争中，知道挖掘拱形山洞，架設独木桥。奴隶和封建社会，劳动人民已經知道建筑宏大的宮殿和堡壘，制造船舶車輛等运输工具。我国劳动人民在力学方面有很大的貢獻。例如在殷代已有完善的車，已利用有輻的車輪来代替无輻条車輪。在船舶制造方面也早有发展，隋代楊素在永安建造的大战船能容納战士八百人。到了明代，已能建造航行远洋的船了。在桥梁建筑上，我国很早就有石拱桥，其中較大的如河北省赵县的赵州桥，相传是隋朝的遺物，至今有一千三百多年。这一座单孔的石拱桥，垮度达37公尺有余，在两头各馱着两个小圓孔，这种作法直到十八世紀才出現于英国。在房屋建筑上，我国很早就发明了骨架結構，

在地上筑土为台，安石础，立木柱，置梁架，上面安置椽椽，各部尺寸都有规定。如宋代的“营造法式”中就规定了木梁的高与宽作三与二之比，很符合经济原理。以上几个例子，充分说明我国劳动人民在材料力学方面很早就有贡献。但在反动的封建官僚统治和帝国主义的摧残下，没有得到进一步的发展。

解放后的几年中，在中国共产党的领导下，我国材料力学得到了很大的发展，在国际上也有很大的贡献。如弹性薄壁杆件平衡稳定方面、三合板稳定与弯曲方面、金属蠕变方面、薄壁壳方面等等的研究。在建筑方面，我国的长江大桥其工程浩大，全世界有名。我国建筑部门发明了用竹筋代替钢筋的混凝土结构，给国家节约大量的钢材，有力地支援社会主义建设。这在材料力学史上，亦是一项重大创举。在总路线的光辉照耀下，全国出现了大跃进的新形势，全国各地开展了技术革新运动。在材料的利用方面，人们以敢想敢干的共产主义风格，寻找代用品节约较贵重的材料。如重庆西安机械工业部门用水泥、木材代替钢铁制造工作母机和其他设备主件的重大创举，为机械工业迅速解决设备材料的困难。又如河南省焦作市建筑工程第二青年突击队队长宋锡山，创造与改进了四十多种新工具。以废料代替了钢材，创造了自动万能冲床，提高工作效率1120倍，一年完成四十年的任务，给国家创造出许多财富。目前我国正处在伟大的技术革命的时代，全国各地正在轰轰烈烈的开展农具改革运动，逐步实现农业机械化。因此，我们农业机械工作者应该认真地学习“材料力学”课程，以便正确合理地掌握和使用农业机械，并根据农业生产技术的要求，进行部分农具的改装工作。

§2. 内力和外力

材料力学所研究的物体，无论是零件或是构件，按其在不同方向尺寸比例的不同，可分为下列三类：

(一) 物体所有尺寸的数值接近则称为块体。

(二) 物体的长度比横向尺寸大的称为杆；凡是断面积相同的杆称为棱柱形杆，如梁、柱，传送功率的轴等。

(三)物体的厚度比长宽尺寸小很多的称为壳,又可分为具有曲率半径的壳及平板,由此二者所构成的有如圆柱形蒸气锅炉。

所有上述物体,不论是块、杆、壳及其中的平板在机械及建筑均承受外力,外力又称载荷,按不同的情况可以分类如下:

(1)按作用的特点可分为表面力和体积力(质量力)。表面有集中力及均布力。火车车轮与轨道接触而传递车厢的重量可近似看为集中力,单位是公斤或公吨。均布力有作用在单位长度上的如横梁上的砌砖,单位是公斤/公分或公吨/公尺,还有作用在单位面积上的如气体压力,单位是公斤/公分²或公吨/公尺²。体积力有物体本身的重量以及物体作加速度运动时所产生的惯性力,例如拖拉机发动机风扇叶片中的离心力等。

(2)按作用的时间可分为永久载荷及暂时载荷,永久载荷如建筑基础的重量。暂时载荷如对于起重机的钢索,只有在起重物时才承受载荷。

(3)按作用性质可分为静载荷及动载荷。静载荷是当载荷是从零值渐渐增加到某一数值然后保持不变。当静载荷作用在零件或构件上时,零件或构件并没有加速度产生。载荷使零件或构件在较短时间內速度变化时称为动载荷。动载荷有骤加载荷,如进入桥梁拖拉车的车轮。有冲击载荷,如锻打之类。有交变载荷,如拖拉机发动机的连杆在往复运动时,作用在连杆上力的方向或大小改变着。

在外力作用下,材料力学要研究物体内部的情况,我们假设物体内部的材料性质各个方向都是一样的,包括化学成份、晶体结构、物理性质。如电阻、温度、膨胀率等,而且是均匀无孔隙地填满了整个的物体。此假设称为均质齐性的假定。对于一般的金属材料如钢、铜等,对此假定是完全容许的。对于铸铁,木材,砖石及混凝土等建筑材料则不完全符合。

在外力的作用下,物体内部必然产生内力;现在来研究在力系 P_1, P_2, P_3 作用下而处于平衡状态的物体(图1a)。在物体的任意一个断面上产生内力,如果物体内部没有产生内力,则物体在外力作用下立刻分裂,要求出物体某一断面上的内力必须应用断面方法。现

在我們叙述如何用断面方法来求得所示 ab 断面上的內力。先用一个断面假想沿 ab 断面切开,移去了右段而只来研究左段(图16),按內力和外力的平衡,可知断面上的內力必須等于外力,在 ab 断面上产生的內力合力以 P 力表示,它的大小必等于外力 P_1, P_2 的矢量和,实质上,物体的內力用肉眼是看不見的,用断面方法却能假想地将內力表示出来。

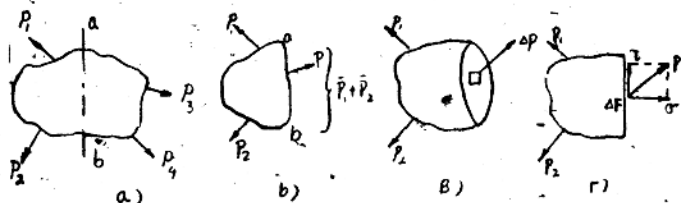


图 1

如在断面上截取微分面积 ΔF ,上面作用了內力 ΔP (图1b),我們取比例:

$$p = \frac{\Delta P}{\Delta F} \dots\dots\dots (1)$$

如果內力是均匀地分布在整個截面上,那么应力可以用总力 $P = \Sigma \Delta P$ 除以整个截面面积 $F = \Sigma \Delta F$ 来确定:

$$p = \frac{\Sigma \Delta P}{\Sigma \Delta F} = \frac{P}{F}$$

在一般情形下,已知面积 ΔF 上的应力 P 与该面积成一角度 α 。将这个应力分解为两个分力 σ 和 τ ,我們就会得到应力的两种基本形式:法向应力和剪应力(图1r)。前者垂直地作用在面积 ΔF 上,而后者是作用在这个面积的平面內:

$$\sigma = P \sin \alpha \quad \tau = P \cos \alpha$$

如果已知法向应力 σ 和剪应力 τ ,那么就能求出完全应力 P :

$$P = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

整个材料力学课程中,在外力各种不同的作用形式下,我們只是研究应力的两种基本形式。

§3. 变形的基本概念及其形式

在理論力学中,我們將自然界中所有的受力物体都看成是刚体。事实上,自然界中并不存在有绝对刚度,如比較坚硬的鋼甚至坚硬的金刚石,在外力的作用下,物体内部质点之间的距离也发生微小的改变。这时物体便改变它的尺寸和原来的形状——变形。

如果外力在物体上的作用中止后变形就消失,这样的变形叫弹性变形,具有弹性的物体称为弹性体。

不消失的变形叫做永久变形或者塑性变形。永久变形是外力超过了某一极限的结果,具有塑性的物体称为塑性体。实际在世界上沒有完全弹性体及完全塑性体。在材料力学中所研究的物体,在一定限度的外力作用下,将物体均可認為弹性体;超过这一限定的外力值时,则物体产生塑性变形。

在外力的作用下,物体产生了变形,不管作用力的如何复杂,物体所产生的变形形式,有下列五种:拉伸、压缩、剪切、扭转及弯曲。而在实际中只不过是可能产生二种或二种以上的变形。

基本变形形式及其工程实例如图 2

1)、拉伸及压缩(如图上的及 n)如——拖拉机及康拜因上的链条。例起重机的吊繩、鋼索及桁架之拉杆及压杆、柱; 2) 剪切(n)——螺釘鋼釘; 3) 扭转——拖拉机及农业机械上的传动軸(r); 4) 弯曲——所有各种的梁(n)。

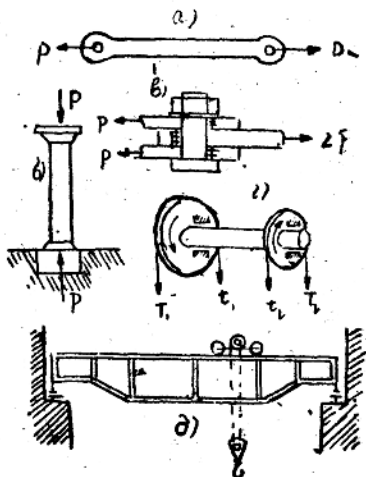


图 2

复 习 题

1. 研究材料力学的目的和任务。我国材料力学的发展情况。
2. 材料力学所研究的物体有那些类。
3. 试述载荷的种类。
4. 何谓均质齐性的假定?
5. 说明断面方法如何用它来求断面上的内力。
6. 试述应力的定义、种类及其单位。
7. 试述物体的弹性变形和塑性变形。
8. 用外力作用下,物体所产生的变形,有那几种基本形式举例说明。

第二章 拉伸与压缩

§4. 基本原理

(1) 正应力:

取一等断面积的方形杆,横断面的边长为 a , 断面积为 F 公分² (图3a), 在杆的表面, 用尖针刻划出两条彼此相距 l 公厘的浅的短划。然后, 在杆的两端施两个大小相等、方向相反而各等于 P 公斤的力, 并使这两个力的方向严格地和杆的轴向一致。在拉力作用下杆处于平衡状态, 并使杆在纵的方向稍稍伸长, 而在横的方向则稍之收缩。

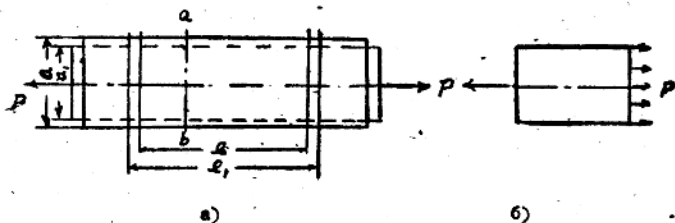


图 3

在外力 P 的作用下, 杆件任意一个横断面上必然产生内力。为了求出内力, 可以用断面方法将杆沿垂直于杆轴的 ab 断面切开并移动右半部(图36), 这时候, 为了平衡外力, 横断面上的内力亦等于 P , 且垂直于断面, 根据断面平面的假定, 我们假设断面上的内力是平均分布的。由于内力垂直于横断面, 所以断面尺寸产生正应力。断面上任一点单位面积的垂直方向内力即正应力:

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ 公斤/公分}^2 \text{ 或 公斤/厘米}^2 \dots\dots\dots (2)$$

σ 为拉伸应力, 可以用 σ_P 来表示, 如作用在杆上相对方向的轴向力 P , 则杆内产生压缩应力, 用 σ_C 来表示。也可以将拉伸应力在 σ 前面写作正, 而压缩应力则写作负号。

(2) 变形: 方杆在受拉力 P 作用以前, 我们用尖刀在它中段侧表面上刻划垂直于杆轴距离为 l 的浅短划, 然后施加轴向拉力 P 使得杆纵向伸长, 横向则稍缩短。杆变形后如虚线位置所示。原来刻划长 l 的一段已伸长到 l_1 的距离, 用 Δl 来表示杆 l 长一段纵向伸长则:

$$\Delta l = l_1 - l \quad \text{公分, 公厘}$$

这段增加的长度称为拉伸时的绝对伸长, 压缩时则为绝对缩短。十分明显, 绝对伸长的大小是与杆的长度有关的, 因此, 表示杆伸长程度的度量单位是以单位长度内杆的伸长(压缩)较为合理, 以 ϵ 表示:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} (\%) \dots\dots\dots (3)$$

ϵ 称为纵向应变或拉伸时的相对伸长, 压缩时则为相对缩短, 通常用百分率表示。

在杆纵向伸长后, 如果我们精确测量横向正方形的边长 a 已缩短为 a_1 , 则横向绝对缩短 Δa 为 $-\Delta a = a_1 - a$

我们同样用 ϵ_0 来表示横向的相对缩短或称横向应变, 则可以写成:

$$\epsilon_0 = -\frac{\Delta a}{a} (\%) \dots\dots\dots (4)$$

(3) 虎克定律: 杆受力后 (图3), 它所产生的绝对伸长或缩短和外力成正比, 与杆的原长成正比, 与杆的横断面积成反比, 我们给定比例常数 $\frac{1}{E}$ 则得:

$$\Delta l = \frac{1}{E} \cdot \frac{Pl}{F}$$

或 $\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot \frac{P}{F} \dots\dots\dots (5)$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

则得 $\sigma = E\epsilon \dots\dots\dots (6)$

(5) 式与 (6) 式的关系式的基本原理是英国科学家洛勃脱·虎克在1678年所提出的, 称为虎克定律。按 (6) 式虎克定律的定律定义为应力与应变成正比, 但应力值不超过比例极限——即应力与应变成正比的最大应力时, 虎克定律才是准确的。

比例常数 E , 称拉伸弹性系数或第一种弹性系数, 按不同性质而异, 由实物中求得, 见 (表 1), 单位如下:

表 1 弹性系数的值

材 料	E 公斤/公分 ²	材 料	E 公斤/公分 ²
弹簧钢	$2.2 \cdot 10^6$	青 钢	$1.2 \cdot 10^6$
建筑钢	$2 \cdot 10^6$	铅	$0.675 \cdot 10^6$
含镍钢	$1.9 \cdot 10^6$	松 木	$0.1 \cdot 10^6$
冷压钢	$1.1 \cdot 10^6$	象 胶	0.00008×10^6
生 铁	$0.75 \sim 16 \cdot 10^6$		

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\text{公斤/公分}^2}{1} = \text{公斤/公分}^2.$$

EF 的乘积叫拉伸 (或压缩) 的刚度, 它的单位是公斤。由 (5) 式可以看到 EF 乘积即刚度大时, 则变形 Δl 小。

(4) 波柔系数: 当应力未超过比例极限时, 纵向的相对伸长 (纵向应变) 与横向的相对缩短 (横向应变) 成正比, 引入比例常数 μ 则得:

$$\epsilon_0 = -\mu \epsilon \dots \dots \dots (7)$$

式中 μ 是常值的物理系数，表示拉杆材料物理性质。这系数首先由法国科学家波桑得出的所以叫做波桑系数。

(7) 式中的符号是考虑到拉伸时的相对伸长为正值，而相对缩短则为负值。代入虎克定律的关系可以写得：

$$\epsilon_0 = -\mu \frac{\sigma}{E} \dots \dots \dots (8)$$

在弹性极限以内变形时，各种材料之波桑系数列于表 2。

表 2 波桑系数的值

材料名称	μ	材料名称	μ
软 木	0.00	鋅	0.21
硬 鋼	0.24—0.28	金	0.42
鉻錒鋼	0.25—0.30	銀	0.39
銅	0.31—0.34	石 料	0.16—0.34
鑄 鉄	0.23—0.27	玻 璃	0.25
鉛	0.45	混凝土	0.08—0.18
黄 銅	0.32—0.42	橡 胶	0.47
鋁	0.32—0.36	胶 板	0.07
青 銅	0.35	賽璐珞	0.39

知道 μ 之后即可計算在拉伸或压缩时試件体积之变化。变形后試件之长度为 $l(1+\epsilon)$ ；变形后面积为 $F(1+\epsilon\mu)^2$ ；变形后体积为：

$$V_1 = F l(1+\epsilon)(1-\mu\epsilon)^2 = V(1+\epsilon)(1-\mu\epsilon)^2$$

式中 V 为原来体积

因为在比例极限内 ϵ 之值甚小，所以其平方可略去不計。則体积 V_1 等于

$$V_1 = V[1+\epsilon(1-2\mu)]$$

单位体积之改变为，

$$\frac{V_1 - V}{V} = \epsilon(1-2\mu) \dots \dots \dots (9)$$

如波桑系数 $\mu = 0.5$ 时，則在变形时体积不改变。因为对于大多

数材料 $\mu < 0.5$ ，所以拉伸时体积增加，而压缩时体积减少。橡皮 $\mu = 0.5$ ，拉伸时其体积几乎并不改变。

例题1：正方形断面的钢杆在外力 P 作用下沿轴向伸长 $\Delta l = \frac{3.2}{100}$ 公厘，沿横向缩短 $\Delta a = \frac{0.03}{100}$ 公厘，若 $l = 30$ 公分， $a = 1$ 公分，求波桑系数，

解：

$$\epsilon_0 = -\frac{\Delta a}{a} \quad \epsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad \epsilon_0 = -\mu \epsilon$$

$$\mu = -\frac{\epsilon_0}{\epsilon} = \frac{\Delta a}{\Delta l} \cdot \frac{l}{a} = \frac{0.03}{3.2} \times \frac{30}{1} = 0.28,$$

例题2. 由直径为 1 公厘钢丝 36 根所组成的钢索，下悬重量 $P = 900$ 公斤，试求钢索所产生的拉伸应力。

解：钢丝的横断面积，

$$F = 36 \cdot \frac{\pi \cdot 0.1^2}{4} = 0.28 \text{ 公分}^2$$

$$\sigma_p = \frac{P}{F} = \frac{900}{0.28} = 3210 \text{ 公斤/公分}^2$$

例题3 求钢杆下悬发动机，重量 $P = 2$ 公吨时的应力和变形。已知 $l = 100$ 公尺，钢杆直径 $d = 20$ 公厘， $E = 1.6 \cdot 10^6$ 公斤/公分²，如不计钢杆本身的重量。

解：钢杆横断面积

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 2^2}{4} = 3.14 \text{ 公分}^2$$

钢杆横断面与所产生的正应力：

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{2000}{3.14} = 638 \text{ 公斤/公分}^2$$

钢杆的绝对伸长

$$\Delta l = \frac{Pl}{EF} = \frac{\sigma l}{E} = \frac{638 \cdot 100}{1.6 \cdot 10^6} \approx 4 \text{ 公分}$$

相对伸长

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{4}{10^4} = \frac{1}{2500} = 0.04\%$$

例題4: 試計算由低碳鋼所制成之拉杆的單位體積之增加。彈性系數為 $E = 2 \cdot 10^6$ 公斤/公分²; 波桑變形系數 $\mu = 0.3$, 拉應力等於低碳鋼之應力 $\sigma = 1400$ 公斤/公厘² 單位體積之增加為:

$$\frac{V_1 - V}{V} = \frac{\sigma}{E} (1 - 2\mu) = \frac{1400}{2 \cdot 10^6} [1 - 2 \cdot 0.3] = 2.8 \cdot 10^{-4} \\ = 0.028\%$$

為一極小之數值。

§5. 拉伸圖、材料之機械性質

(1) 拉伸圖: 拉伸圖是說明作用在試件上的拉力 P 與得相應伸長 Δl 之間的关系的曲線, 將瞬時所量得的 P 力, 按比例尺放在垂直坐標軸上。而在水平坐標上, 則放相應於這些力的伸長 Δl , 用光滑的曲線連接各相應座標的交點, 則得曲線形狀的拉伸圖。

但是用力 P 和伸長 Δl 所作坐標而畫出的曲線是和試樣尺寸有關的。為了便於各種不同材料性質的相互比較, 把拉伸改用座標 $\sigma = \frac{P}{F_0}$ 及 $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ 使與試件的尺寸無關。 F_0 及 l_0 各為試樣拉伸前工作段的橫斷面積和工作長度。現在我們以軟鋼所製造的試樣為例來進行拉伸試驗。拉伸圖如(圖4)所示。

比例極限 (σ_s), 在開始試驗以前, 試樣沒有受力, 也不產生變形, 反映在拉伸圖上的原點, 在開始試驗後, 對試件施加拉力, 試件內產生了應力以及得到相應的變形。根據虎克定律, 第一段直線是表示應力和應變成正比增加的, 相當於1點的應力, 也就是材料應力和應變成正比的最大應力和應變, 成正比的最大的應力稱為比例極限, 用1點的縱坐標 σ_s 表示。

在 Ol 段直線任意點 A 的應力和應變坐標的正切函数的关系, 則得彈性系數 E

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E$$

彈性極限 (σ_y), 在設計構件時, 重要的是要知道材料內部首先產生塑性變形 (即永久變形) 時的應力稱為彈性極限。但是, 非常精確

的測量告訴我們，即使最好的彈性體，在產生最小應力的條件下，也會產生數值很小的永久變形，所以真正的彈性極限是沒有的。工程上定出產生塑性變形0.005%時的應力稱為彈性極限。在彈性極限內，由於構件所產生的永久變形十分微小，而不致使構件工作受到影響，所以也當作應力在彈性限度內是發生不會發生塑性變形的。彈性極限的數值，要在準確試驗和一定的時間條件下才能得到，軟鋼的彈性極限值就和比例極限十分接近。因此，相當於拉伸圖上1點的應力 σ_y ，近似等於彈性極限 σ_y 。

假設在彈性極限以前，變形只有彈性部分。在超過彈性極限以後，變形由兩部分組成，一部分是彈性變形，使材料變形恢復一部分，另一部分則產生塑性變形。

這時

$$\Delta l = \Delta l_{\text{彈}} + \Delta l_{\text{塑}}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{彈}} + \varepsilon_{\text{塑}}$$

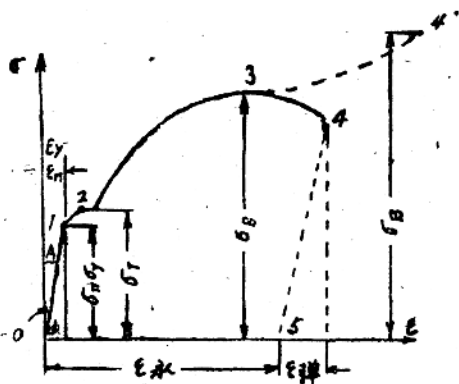


圖 4

屈服極限(σ_T): 自1點向上，隨著應力的增高，拉伸圖的曲線上凸出，圓滑地向右轉折有2點。在2點開始一段中拉伸圖約成水平綫。即應力未增加而變形顯著增加，這時，我們稱材料已屈服，相當于

2点的应力称为屈服极限,用 σ_T 表示。屈服极限或称屈服点,这容易产生模糊概念,2点可称为屈服点,但相应的应力称为屈服极限。

在材料屈伏时,在试件的表面不同的程度上出现所谓切耳 諾 夫 綫,这些綫与试样杆軸成 45° 斜綫(图5)。而这些綫是当试件显著变形时材料微小顆粒間之相互位移所引起的。

强度极限(σ_B 或 σ_{xy}):在2点以后的一段,材料重新表示对变形的抵抗称为强化,拉伸图曲綫就向上凸出;这时,试样的变形已经开始比应力增加得快了。当到达3点,相当于应力的最大值,即按试样的原断面积計算得最大应力,称为强度极限,用 σ_B 或 σ_{xy} 表示。这时在试样工作部分的某一段內就形成所謂“頸”如(图6),发生局部的收缩的逐渐形成。这时,试样主要就縮頸这一段产生伸长,由于横断面的迅速减少,在减少载荷的情况下繼續变形,很快地在相当于4点的

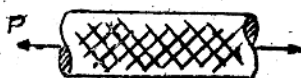


图 5



图 6

应力下,试样就被拉断了。其中弹性变形部分,仍服从虎克定律而回到水平座标如虛綫4,5所示,4,5应平行于01。因为弹性变形部分反映的斜率仍为弹性系数 E 。

在3点以后,试样产生了縮頸,断面面积的减少比载荷的减少来得快,实际的应力反而增加。故拉伸图应按3点附近开始的虛綫所示,到达4'点而试样断裂,故相当于4'点的应力又称真正的强度极限,但相当于4'点的应力并没有实用价值。因为当材料产生縮頸即应力达到强度极限时,已意味着材料破坏了。

(2)材料的塑性:塑性是指在载荷作用中止后,部分或完全保留载荷作用下变形的能力,有两种表现形式:

延伸率——断裂时的相对伸长

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} (\%) \dots\dots\dots (10)$$