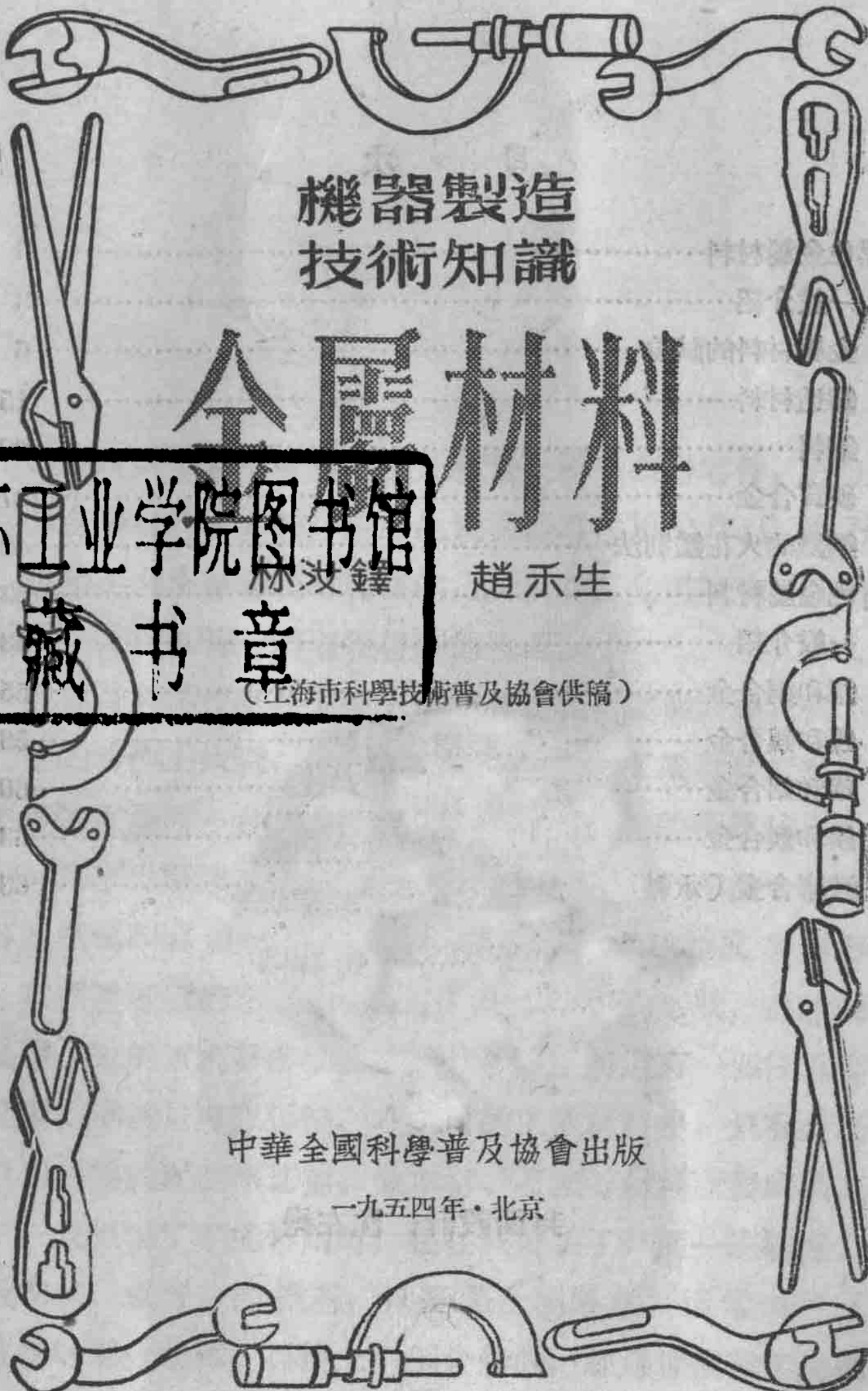


機器製造
技術知識

金屬材料

林汝鐸——趙永生

中華全國科學技術普及協會出版



機器製造
技術知識

金屬材料

江苏工业学院图书馆
藏书章

林汝鐸

趙永生

(上海市科學技術普及協會供稿)

中華全國科學普及協會出版

一九五四年·北京

目 次

黑色金屬材料.....	3
一般介紹.....	3
金屬材料的試驗.....	6
鑄造材料.....	15
鋼料.....	28 23
硬質合金.....	37
鋼鐵的火花鑑別法.....	40
有色金屬材料.....	53
一般介紹.....	53
銅和銅合金.....	55
鎳和鎳合金.....	59
鋁和鋁合金.....	60
鎂和鎂合金.....	63
減摩合金（承軸金）.....	63

封面設計：沈左堯

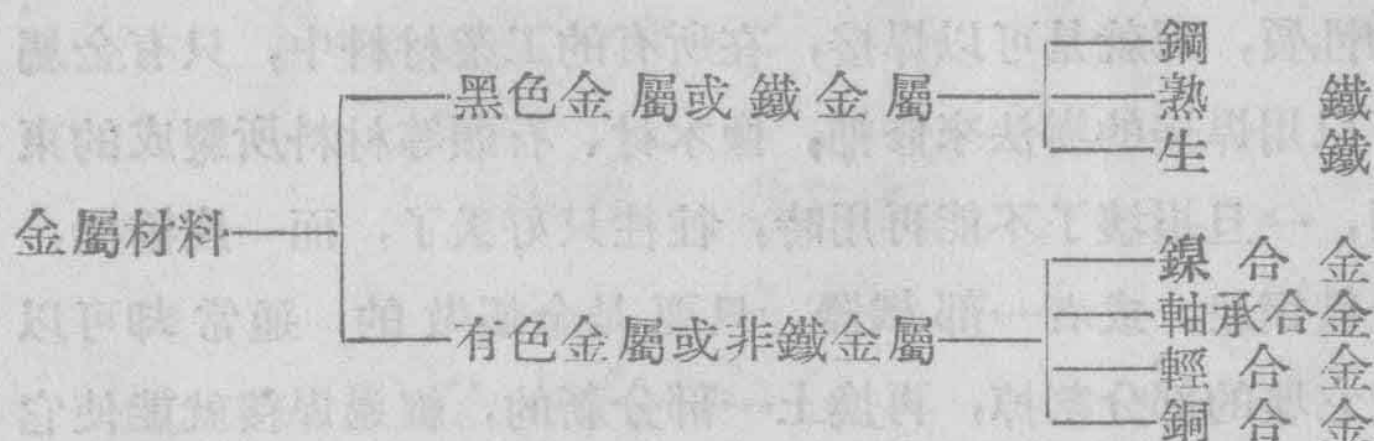
金屬材料是製造機器的主要材料，所有機器零件，差不多都是金屬材料做成的，所有生產機器零件用的工具和刀具，也差不多全是金屬材料作的，所以在五金工業中，金屬材料幾乎是我們時時刻刻碰得到的東西。

金屬材料為什麼在工業上這樣重要呢？這個道理我們不難在它的特性上找到，例如金屬材料比別的工業材料能吃得住更多的重量而不會彎曲或折斷，在受到突然的衝擊時也比別的材料來得堅強，它又能夠抵抗空氣的侵蝕，不像木材那樣容易腐爛和容易變形，我們可以把它鍛壓或拉成各種形狀，我們還可以把它熔化後澆鑄成各種複雜的形狀，輕的輕到幾兩，重的重到許多噸。此外，金屬材料還有一個很重要的性質，那就是可以焊接，在所有的工業材料中，只有金屬可以用焊接的辦法來修補，像木材、石頭等材料所製成的東西，一旦損壞了不能再用時，往往只好丟了，而一座橋樑，一艘鋼船，或者一部機器，只要是金屬做的，通常却可以把它壞的部分割掉，再換上一部分新的，經過焊接就能使它

變得像一座新的橋樑、新的船或者新的機器那樣堅固。這種性質，是金屬材料特有的，別的工業材料，沒有法子可以跟它相比。此外有些金屬更具有另外的特別性質，像能傳導電流、能够受磁化(註一)等，這裏不準備多講了。

金屬材料種類繁多，性質各異，各有它適合應用的範圍，如果我們不瞭解各種金屬材料的性質、規格和用途等，那麼在選擇材料時，便難免用料不當，以致使我們的產品質量不合規格或是優材劣用發生浪費，因此我們生產方面的幹部，至少對各種金屬材料須具有初步認識。其次我們許多工廠目前大多採用蘇聯圖紙，如果對蘇聯金屬材料的符號和性能缺乏瞭解，便無法掌握蘇聯材料的應用和尋求國產代用品，工作上將遇到一定的困難，所以介紹蘇聯材料的分類和規格等也是必要的。

金屬材料總括起來分為兩大類：1、鐵和鐵的合金(註二)；2、鐵和鐵的合金以外的各種金屬和它的合金。第一類在蘇聯稱為黑色金屬，在英美稱為鐵金屬；第二類在蘇聯稱為有色金屬，在英美稱為非鐵金屬。金屬材料的初步分類如下：



黑色金屬材料

一般介紹

黑色金屬材料是工程上最有價值而且比較便宜的材料，所以應用最廣。黑色金屬倒底是什麼呢？它不是一種單純元素（註三），基本上是元素鐵和碳的合金，通常並含有不同份量的錳、矽、磷、硫等雜質，這些雜質主要是從礦砂和燃料中來的。此外爲了增加金屬的物理性能（註四），我們在製造的時候還加入鎳、鉻、鈷、鎢、鉬、釩（註五）等等。不過在這些元素中對黑色金屬性能影響最大的還是碳，爲了容易了解起見，我們暫時不談別的合金元素的影響，專談鐵和碳的合金。

鐵碳合金因含碳量的高低，可分爲生鐵、熟鐵和鋼三類。照理論上說，含碳量在1.7%以上的叫做生鐵；含碳量在1.7%以下的，叫做鋼；至於熟鐵含碳量極少，約在0.035%以下，一般化學成份、機械性能和低碳鋼無顯著區別，但由於二者鍊製方法不同，組織結構稍有不同。熟鐵是直接由鐵礦或生鐵鍊製，精鍊時溫度較低，鐵液成漿糊狀態，有一部份鐵滓夾雜在鐵中，經軋壓後呈線條狀，分佈在組織中；至於鋼，因一般鍊製時溫度較高，鐵滓得以上浮，不致和鋼水混雜，故鑄出的鋼錠，經軋軋後，質地均勻，無鐵滓夾雜其中；目前熟鐵已無人製造，一般所謂熟鐵並不是真正的熟鐵，而是含碳量很低的低碳鋼。

生鐵是由礦砂在高爐裏鍊製成的，含碳量照理論上說在1.7%以上，普通工業上常用的在2.5—4.0之間，質脆，缺乏可鍛性(註六)，惟澆鑄性能優良，故成形方法多採用鑄造，所以也叫做鑄鐵。生鐵中碳素可以游離狀態(即石墨狀態)(註七)或和鐵化合成碳化鐵(即雪門鐵)而存在。如果生鐵中所有碳素完全和鐵化合(註八)成碳化鐵，則斷面呈白色，我們叫做白口鐵，白口鐵質硬而脆，不能加工，除用作鍊鋼的原料和馬鐵的生胚外，很少別的用處。反之如生鐵中碳素成石墨狀態，或一部分成石墨狀態，一部成化合狀態，則斷面呈灰黑色，我們叫做灰口鐵，灰口鐵質較軟，加工性質良好，是鑄造一切機件的主要材料，應用很廣。

鋼是在平爐(圖一)電爐(圖二)或貝塞麥爐(圖三)

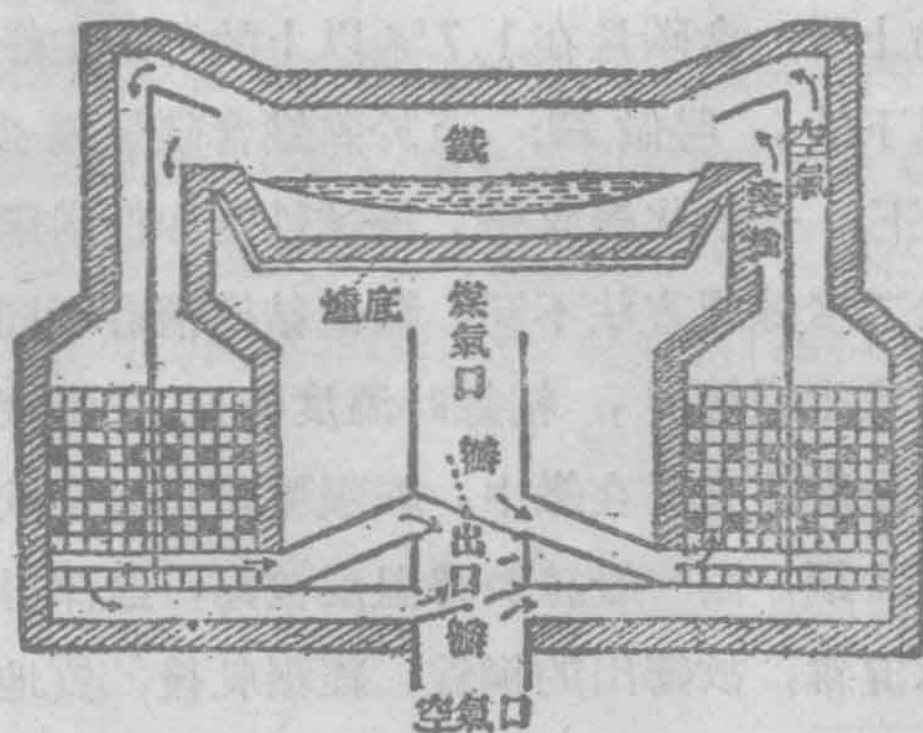


圖 一

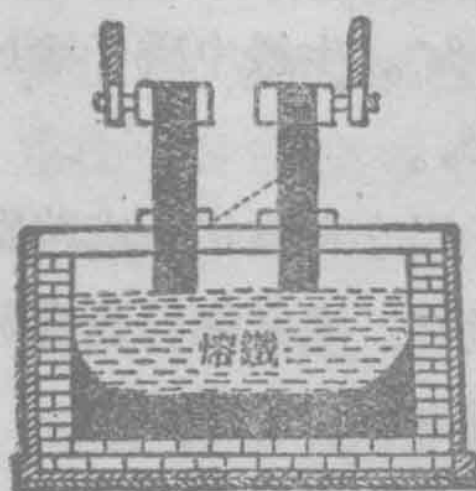


圖 二



圖 三

裏由生鐵煉製成的。含碳在1.7%以下，所有碳素均成化合狀態，因含碳量的不同，而有不同的物理性能。含碳高的，質脆而硬，適用於製各種工具；含碳低的，質軟而富延展性(註九)，適用於製各種鋼板、鋼絲等，鋼料在高溫都有可鍛性，一般均先澆成鋼錠，再經鍛軋，製成各種形狀，而形狀複雜的零件，也可用澆鑄方法製成。

在上面已經講過鐵碳合金，除鐵碳二種元素外，通常還含有矽、錳、磷、硫等雜質，這些雜質對鋼鐵質量的影響如下：

矽——生鐵的含矽量，約在0.5—3.5%之間，矽對生鐵之主要作用是使碳化鐵分解成為石墨，減少白口現象，並使鐵質變軟。鋼料中含矽量一般在0.3%以下，對鋼的物理性質，無很大影響，但在澆鑄鋼錠時，可使氣眼減少。

錳——錳對鋼鐵主要的作用有兩方面：一方面和鋼鐵裏的硫素化合成硫化錳，減低鋼鐵的熱脆性（燒紅時變脆的性質），另一方面錳使鋼鐵強度增加，普通生鐵內含錳0.4~1.4%，鋼內含錳0.6~0.9%。

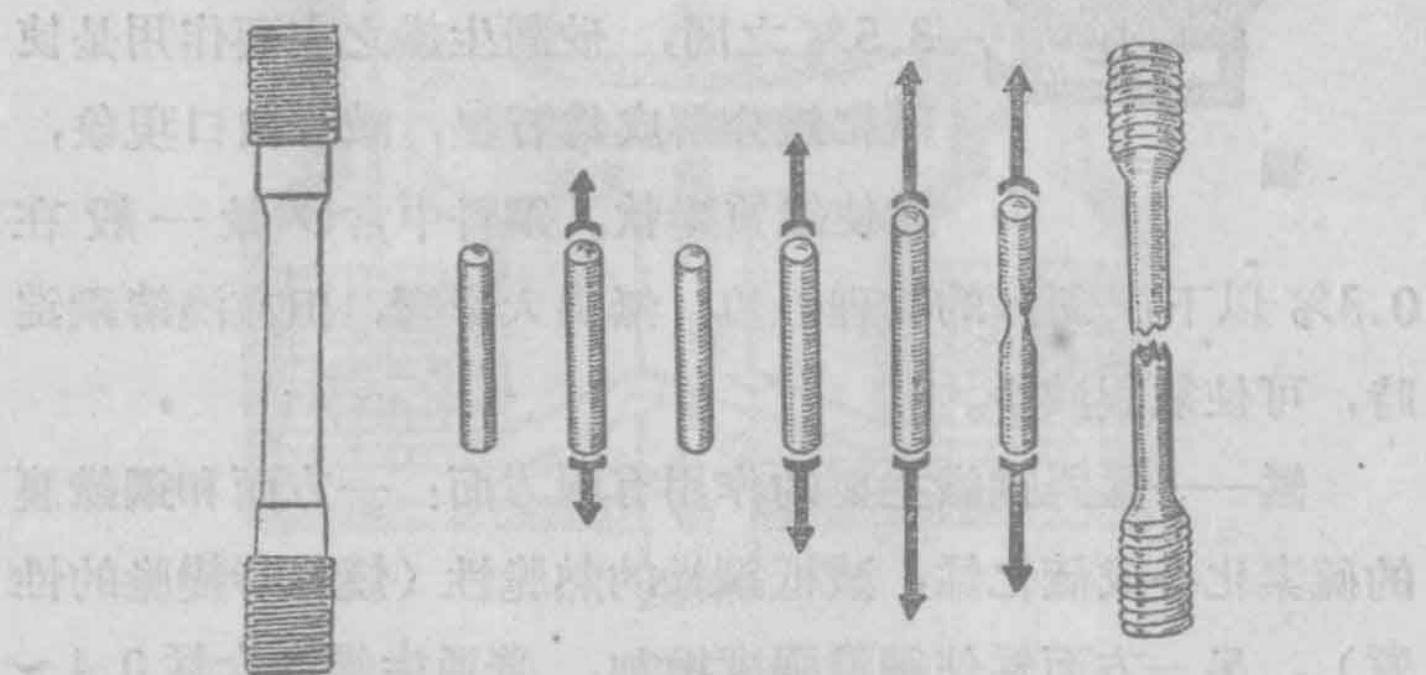
磷——對鋼鐵的作用是有害的，主要使鋼鐵性質變脆（冷脆）。鋼料中磷含量不能超過0.1%。生鐵中磷可增加鐵水的流動性，普通鑄鐵中磷可至0.4%。

硫——硫也是對鋼鐵性質有害的，因它和鐵化合成熔點很低的硫化鐵，引起鋼鐵紅熱時的熱脆性。通常鋼料裏含硫不能超過0.05%，生鐵裏不能超過0.1%。

金屬材料的試驗

抗拉強度和硬度，是金屬材料的主要機械性質，為了瞭解和掌握金屬材料的這些性質，我們必須知道這些性質的測定方法。此外同樣化學成分的金屬材料，如果金相結構(註十)不同，便要有不同的機械性質(註十一)，所以金相試驗也是研究金屬材料性質極重要的方法。下面簡單談談這些給各位同志們一些概念。

1. 抗拉試驗——也叫做抗力試驗，主要目的在於測定某



圖四 一、二、三、四、五、六、七、八、

種鋼鐵材料能够經得起多大的力量。這種試驗，通常在一架叫做拉力試驗機或材料試驗機上進行，方法是把要試驗的材料車成一根 20 毫米（毫米即通常所用的公厘，20 毫米相當於 0.505 吋）直徑的圓棒，兩頭並車了螺絲，（這圓棒便叫做試棒）（圖四、一），夾在拉力試驗機上，開動機器，使勁的拉。開始時試棒所吃的力不很大時，用眼睛看上去，這根試棒並沒有什麼變化，（圖四、二）假如用儀器去量的話，試棒已被稍稍的拉長了（圖四、三）這時候如果停住機器，把試棒拆下，則試棒又會回復到原來的長度（圖四、四）；假如我們不把試驗機停下，而繼續增加拉力，譬如增加到 12 公斤/平方毫米，圓棒便繼續照比例拉長，但只要從試驗機上拆下來，試棒還會恢復原狀。（這種長度的改變叫做「應變」，而加上去的力就叫做「應力」）。但當試驗的拉力，繼續增加達到譬如 21 公斤/平方毫米的時候，圓棒的伸長，忽然加速（圖四、五），而且即使把試驗停下來，圓棒再也不會還原到原來的長度，從此以後，繼續增加拉力，這圓棒就好像屈服了一樣，很容易地被拉長了（圖四、六），這時候就叫做它的「屈服點」，這時候的拉力，叫做「屈服限度載荷」。如用原有切面面積來除則得此時每單位面積上受到的拉力的多少，這叫做「屈服限度」。此後繼續增加拉力，圓棒也繼續增長，直到一個時候，譬如到 36 公斤/平方毫米，它的中間開始細起來，（圖四、七）這時即使維持原有的拉力，圓棒仍會繼續伸長，中間愈來愈細，被拉成像頭頸一樣，最後終於在這

兒斷開（圖四、八），這個最終加到的拉力，便稱為「極限載荷」，用原來切面面積除算所得此時每單位面積所受拉力的數值叫「極限抗拉強度」，或簡稱「抗拉強度」。圓棒拉斷後的長度比圓棒原長多出的部份，便叫做「伸長」。伸長和原來長度的比率就叫做「延伸率」，用百分比（%）表示。這時圓棒最細的頸部的切面面積與圓棒原來切面面積的差和原有的切面面積的比率叫做「面積收縮率」，或者簡稱「收縮率」，用百分比（%）表示。以上便是抗拉試驗的整個過程。

屈服強度和抗拉強度的單位，通常用的有兩種，便是：公斤/平方毫米，和磅/平方吋，它們的換算關係是：1 公斤/平方毫米=1420 磅/平方吋。

屈服強度、抗拉強度、延伸率及收縮率等，都表示金屬材料的機械性質，機械設計時從這些性質可以算出材料能够吃得起多大的力量。

2. 硬度試驗——金屬抵抗另一種更硬的物體侵入到自己當中來的性質叫做硬度，是金屬材料主要的機械性質之一。和其他機械性質有密切關係。如果已知道某種材料的抗拉強度、屈服強度、抗壓強度等等，這材料的硬度也就可以推測在一定範圍之內。但是彼此之間關係複雜，並不一致，目前測定硬度的基本原理尚未統一，測定硬度的方法也很多。同一物體因其測驗方法和測驗單位不同，便有不同的硬度數值。目前工業上最常用的有皮氏、洛氏、蕭氏等。現在把它們簡單的介紹在下面：

（一）皮氏硬度

這是一種最標準最準確的硬度測驗方法，常常作為各種硬度測驗的對照。測驗方法是在金屬的平滑面上，將十毫米大小的鋼球用三千公斤的壓力壓入（圖五），加壓力的時間須不短於六秒鐘，加壓力後須繼續保持三十秒鐘，然後測量鋼球在金屬平面上壓出的凹痕的直徑，由凹痕的直徑可求出凹痕的球面積（以平方毫米計），用面積除加於鋼球上之壓力（三千公斤），即得該金屬之皮氏硬度數值。就是說

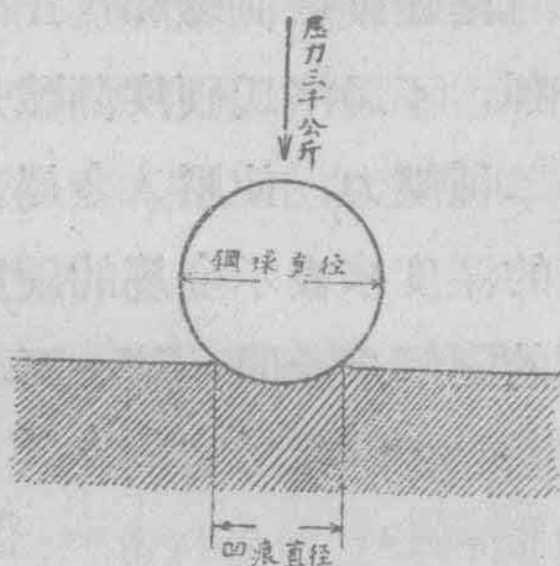


圖 五

金屬的皮氏硬度 = $\frac{\text{加於鋼球上的壓力 (3000 公斤)}}{\text{凹痕的球面積 (每平方毫米)}}$ 所以皮氏硬度就是每平方毫米球形接觸面上能够受得起的壓力（以公斤計）。

在上述測驗中，鋼球假定是不會變形的，如果鋼球變形，便會影響到測驗的正確性，所以通常在測軟的金屬時，用淬過火的鋼球，在測硬的金屬時則須用硬質合金球。

用皮氏硬度測驗硬度時應注意的有：（1）凹痕中心與試樣邊沿之距離應為凹痕直徑之三倍；（2）試樣厚度至少在10毫米（0.4吋）以上；（3）試圓棒時圓棒直徑應在50毫米以上。

皮氏硬度測定普通是在皮氏硬度機上進行的，因測驗方法簡單，測驗機械堅固，測驗結果比較正確、接近硬度的本質，所以常作為各種硬度的對照。

（二）洛氏硬度

洛氏硬度測驗和皮氏硬度測驗相似，也是屬於壓入式的一種，不過洛氏硬度測驗是把鋼球或金鋼鑽錐形頭子，加大小二種壓力，使壓入金屬表面，然後再取走大壓力，以所留凹痕的深度來表示金屬的硬度，為了易於了解起見，我們用下列的圖解來說明，請一面看說明，一面看圖（圖六）。

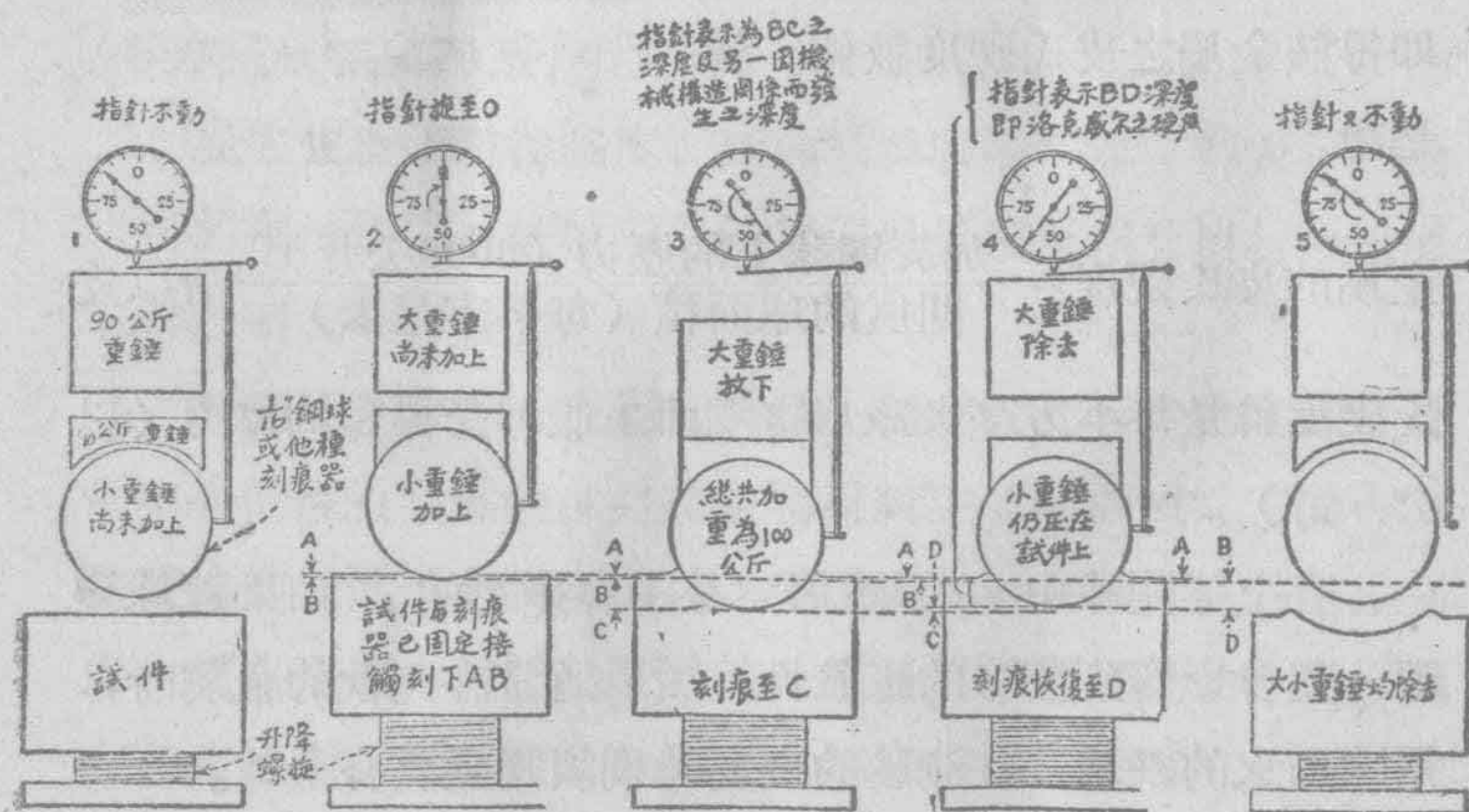


圖 六

① 將要試驗的樣品放在升降螺旋柱的上端，然後轉動螺旋柱，使樣品上升。這時試驗機上端刻度表的指針不動，這

時大小壓力都還沒加到鋼球上。

②旋轉升降螺旋柱，將試樣上昇，使其和鋼球接觸，如再上昇，小壓力一〇公斤便慢慢的加到鋼球上，當小的壓力一〇公斤全部加到鋼球上的時候，表上的小指針便指到一定的位置，同時大的指針也依時針的方向旋轉，最後應停止在接近垂直的方向，這時可旋轉刻度表的分度盤，使大指針和零度線重合，這時小壓力已將鋼球壓入試樣，它的深度相當於 A—B。但在刻度盤上是讀不出的。

③將大壓力 90 公斤加到鋼球上，（這時鋼球所受的總壓力等於大壓力加小壓力，便是 100 公斤）鋼球壓入試樣的深度又增加，相當於圖中的 B—C，這時指針便依反時針的方向從零度轉到四〇度。

④不移動小壓力一〇公斤，只將後來加上大壓力 90 公斤移掉，這時試樣便因彈性關係彈回相當於 D—C 的距離，同時指針便從四〇度轉到六〇度。

⑤洛氏硬度測驗至此進行完畢，試樣的硬度便可由刻度表上直接讀出等於六〇度，相當於鋼球嵌入試驗中的深度 B—D。

這種硬度試驗的好處是：（1）去掉試驗機機械系統方面的誤差（註十二），（2）去掉由於試樣表面不平、鋼球和試樣接觸不良而產生的誤差。

洛氏硬度有十五種不同的分度法，每種分度法所採用的壓入試樣的頭子和大的壓力都不同小壓力則都是一〇公斤。

各種硬度數比較表

皮氏硬度 (10公厘) (3000公斤)		蕭氏 硬度	洛氏硬度		皮氏硬度 (10公厘) (3000公斤)		蕭氏 硬度	洛氏硬度	
球痕徑	硬度數		B 100公斤	C 150公斤	球痕徑	硬度數		B 100公斤	C 150公斤
2.00	946				4.00	228	33	98	22
2.05	898				4.05	223	33	97	21
2.10	857				4.10	217	32	97	20
2.15	817				4.15	212	31	96	19
2.20	782	107		72	4.20	207	30	95	18
2.25	744	100		69	4.25	202	30	94	
2.30	713	96		67	4.30	196	29	93	
2.35	683	92		65	4.35	192	29	92	
2.40	652	88		63	4.40	185	28	91	
2.45	627	85		61	4.45	183	28	89	
2.50	600	81		59	4.50	179	27	88	
2.55	578	78		58	4.55	174	27	87	
2.60	552	75		56	4.60	170	26	86	
2.65	532	72		54	4.65	166	26	85	
2.70	515	70		52	4.70	163	25	84	
2.75	495	68		51	4.75	159	25	83	
2.80	477	66		49	4.80	156	24	82	
2.85	460	64		48	4.85	158	24	81	
2.90	449	61		17	4.90	149	23	80	
2.95	430	59		45	4.95	142	23	78	
3.00	418	57		44	5.00	143	22	76	
3.05	402	55		43	5.05	140		76	
3.10	387	53		41	5.10	137		75	
3.15	375	52		40	5.15	134		74	
3.20	364	50		39	5.20	131		72	
3.25	351	39		38	5.25	128		71	
3.30	340	47		37	5.30	126		69	
3.35	332	46		36	5.35	124		69	
3.40	321	45		35	5.40	126		67	
3.45	311	44		34	5.45	118		66	
3.50	302	42		33	5.50	116		65	
3.55	293	41		31	5.55	114		64	
3.60	286	40		30	5.60	112		62	
3.65	277	39		29	5.65	109		61	
3.70	269	38		28	5.70	109		59	
3.75	262	37		27	5.75	105		58	
3.80	255	36		26	5.80	103		57	
3.85	248	36		25	5.85	101		56	
3.90	241	35	100	24	5.90	99		54	
3.95	235	34	99	23	5.95	97		53	

工程上最常用的有，洛氏_C(R_C)和洛氏_B(R_B)硬度。

洛氏_B硬度用1.59毫米($\frac{1}{16}$ 吋)鋼球頭子，總壓力用一〇〇公斤，應用範圍自R_B0度到100度，用來測量鋼板、黃銅，和退火過的低碳鋼和中碳鋼等硬度較低的材料。

洛氏_C硬度用一二〇度金鋼鑽錐形頭子，總壓力用一五〇公斤，應用範圍自R_C20度到R70度，主要用來量淬過火的鋼料等硬度較高的材料。

(三)蕭氏硬度

蕭氏硬度的測量基本原理和上面所說的兩種不同，它是在金屬平滑面上一定的高度，落下一定重量的小圓錘，以小錘因彈性而反跳的高度作為硬度的標準。蕭氏硬度一般說來準確性不及皮氏硬度，而皮氏硬度只能測試塊的硬度，蕭氏硬度則不但可以測試塊硬度，還可以直接測驗製件的硬度，而且不致使其表面受到損傷，這是它的優點。

皮氏、洛氏和蕭氏硬度的關係，根據實驗所得如前表，不過須要注意這個表中所列的關係僅適用於鋼料，對於其他材料，必須加以修正。

3. 金相試驗——在上面已經講到金屬材料的機械性質不完全由它的化學成份來決定，同一化學成份的金屬，在不同的情況下，便具有不同的組織，也就具有不同的機械性質。舉一個例子來說，同樣一塊鋒鋼，在退火和淬火的情況下，硬度相差很大，在退火的情況下，硬度不過R_C 20—25，我們可以用普通的刀具任意切削它，可是經過淬火後，它

的硬度便在 Rc63 以上，反而可以用做切削別的金屬的刀具了。它們的機械性質之所以前後相差這樣大，主要是因為鋒鋼經過淬火後，組織結構起了很大的變化。所以我們要掌握金屬材料和最大限度地利用它們，非但要知道它們的化學成份，而且必須瞭解它們的組織結構。

金相試驗，便是研究金屬材料組織結構的試驗。遠在 1831 年俄國的冶金學家 П.Л.阿諾索夫就開始應用顯微鏡研究金屬的構造。近年來這種方法不斷有着改進，已成為現代冶金家研究金屬

材料性質的重要手段。它的工作方法和基本原理是：將試樣磨平拋光，再用適當的腐蝕劑來腐蝕（有時也可以不用腐蝕而用別的方法）。因一般金屬材料，不是由單一的物質所組成，各種不同的組織成份的性質各不相同，受腐蝕劑侵蝕的深度，也就各不相同。把已經腐蝕的試樣，放在金相顯微鏡下檢視，因試樣表面深淺程度之不同，各部份光線的反射也因之

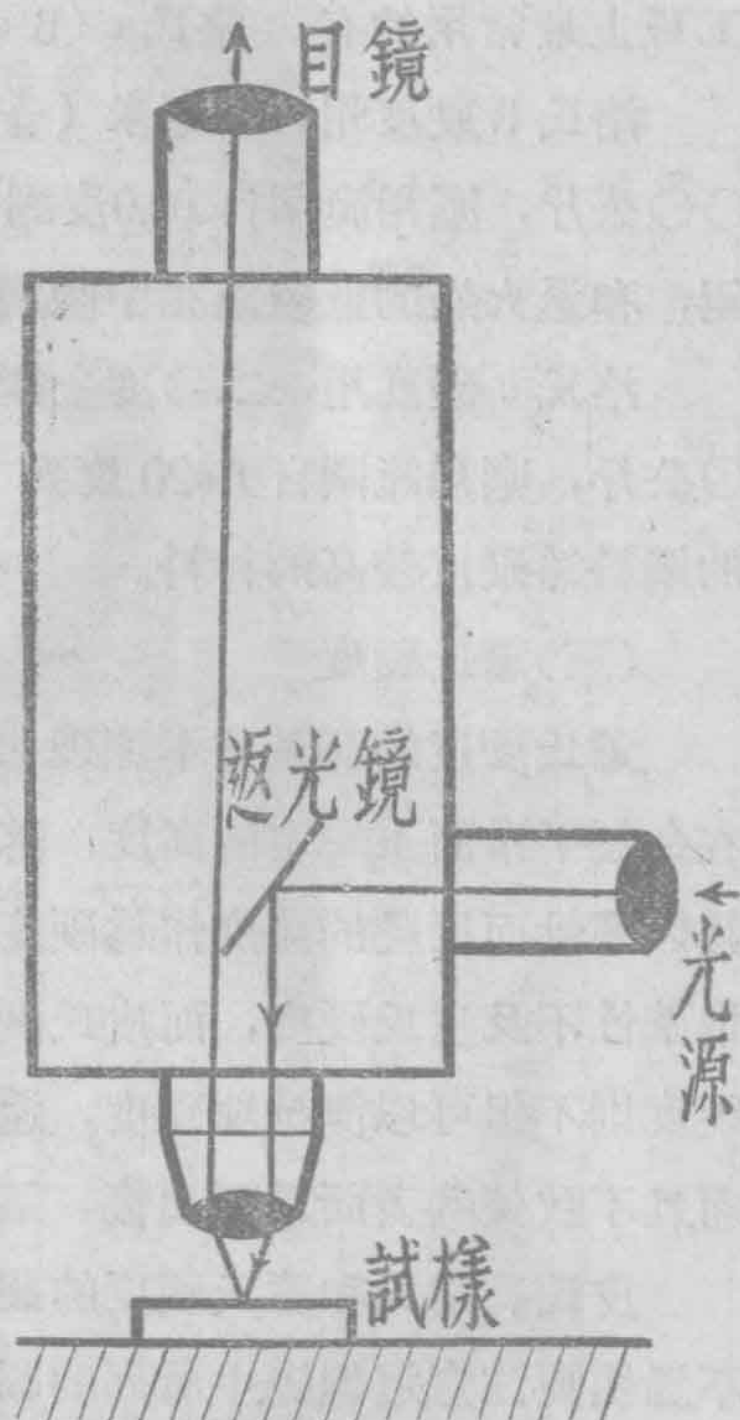


圖 七 甲