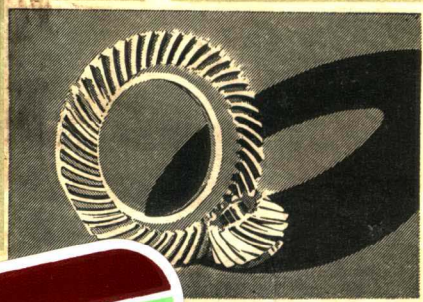


机电工业生产技术基本知识丛书

金属材料

費洛初 編著



科学技術出版社

目 录

一、总 說

1. 物质的三态..... 2
2. 金属在自然界中的存在... 3
3. 人类使用金属的历史..... 5
4. 金属的特点..... 6
5. 金属的分类..... 6
6. 我国的黑色金属与有色金
属资源..... 8
7. 纯金属和合金..... 9
8. 金属的物理性质..... 10
9. 金属的化学性质..... 14
10. 金属的机械性质..... 15
11. 金属的工艺性质..... 21

二、黑色金属

1. 铁和钢的区别..... 24
2. 生铁的制造..... 25
3. 铸铁的分类和用途..... 23

4. 钢的冶炼..... 32
5. 钢的分类和用途..... 39

三、有色金属

1. 铜和铜合金..... 49
2. 铝和铝合金..... 53
3. 镁和镁合金..... 55
4. 轴承合金..... 56
5. 锌和锌合金..... 57
6. 粉末冶金及其制品..... 57

四、我们对工业上应用金属材料应有怎样的認識

1. 从金属的储量看将来
的发展..... 60
2. 金属材料加工方面的
发展趋向..... 61
3. 工厂专业化和协作的
重要性..... 62

一、总 說

1. 物質的三态

自然界的物体，有些以固体状态存在着，如石头、木头、煤和鉄等；有些以液体状态存在着，如水、油和水銀等；有些以气体状态存在着，如空气、水蒸汽等。

固体比較坚硬，具有一定的体积，而且不易改变形状。

液体都具有流动性，沒有一定的形状，但也还有一定的体积；例如同样体积的水，倒在茶杯里，就呈现杯子的形状，倒在茶壶里，就呈现壶的形状。

气体极易流动扩散，沒有一定的体积，也沒有一定的形状，例如把空气压进篮球里，或者压进自行车的车胎里，它就呈现球形或环形。打足了气的篮球和沒有打足气的篮球，外形没有什么改变，但里面空气的多少却不同。所以一定量的空气不論盛在大的或小的容器里，它总要充滿容器的全部空間，而不能保持一定的体积。

上面这三种——固体、液体和气体的状态，是物質在自然界中存在的状态，叫做“物質的三态”。

这三种状态，不是永远不变的。例如水在通常状态下是液

体，冷到攝氏另度以下，就結为冰，变成固体；在火上加热，就化为水蒸汽，变成气体。又如錫在通常状态下是固体，把它热到攝氏 232 度，就熔化了，变成液体；如果把錫热到攝氏 2275 度，就化为錫的蒸汽，变成气体。又如空气在通常状态下是气体，冷到攝氏另下 196 度时，就变成液体，冷到攝氏零下 218 度时，它就变成固体了。一般情况把固体变为液体或气体的主要方法是加热，但压力改变也有关系，如果把空气加压力，就更容易变成液体。

因此，我們知道，物質的这三种状态都不是永远固定不变的，在适当的情况下用适当的方法，都可能使它們的三种状态互相变换。

可是，也并不是一切物体的固态和液态都可以明显地区别的。有些物体，例如柏油、蜡等，当受到热时，它們就会慢慢軟化，流动性逐渐加大，不容易分清它們的固体状态和液体状态的界限了。

2. 金屬在自然界中的存在

一切复杂的物体，都是由各种简单的元素組成的。例如水是由氢和氧这两种元素組成，食鹽是由鈉和氯这两种元素組成，白糖是由碳、氢和氧組成；許多物质还有更复杂的成分，由更多的元素組成。

复杂物質的数量很多，它有好几百万种以上，它們都是由自然界中存在的約 100 种元素組成的。这些元素中有的是金屬，如鉄、鉻、鎳、銅等等，有的是非金屬，如碳、硫、磷等等。

偉大的俄国学者 Д. И. 門捷列夫在 1869 年发表了确定元

素性質與原子量關係的元素週期律，並把各種元素用表格的方式排列了出來，叫做門捷列夫元素週期表。

週期表中的金屬元素，有些金屬我們很熟悉，常常同它們打交道，如鐵、銅、鋁、錫、鉛、汞（水銀）等；其他金屬如鎳、鈾等，在日常生活中不常碰到；也有如銻、鉍等金屬，連它們的名字都不常見到。

我們看到的金屬很多，認識的卻很少，是因為技術上用不到它們嗎？不是的。在現代，差不多所有的金屬元素，都用在技術中了，只是有些元素常常大量地用到，如鐵、銅、鋁等；另一些用的量較少，如鎳、鎢、鋅等；更有一些用得更少，如銻、鉍等。某些金屬很少用到，常常是因為它們很貴重，例如一公斤銻的價值要比一公斤銅貴好幾十倍，一公斤銅的價值又比一公斤鋼貴八、九倍。

這說起來有好些原因，基本上有兩個：一是因為各種金屬在自然界中的儲藏量是不同的，有些金屬在自然界中很多，而且其中大多數可在地球上的許多地方找到富礦，這些富礦是很容易開採的。例如鐵礦，就有巨大的富礦，銅礦和鋁礦也有較大的富礦，而錫、鉛、汞的富礦，在地球上便少得多。更有些金屬是沒有富礦的，它們稀疏地散布在自然界中，因此取得它們要困難得多。

第二個原因是因為從地裡採出來的礦石還不是金屬，礦中的金屬是同其他元素，多半是同氧化合起來的，礦中也還摻雜著無用的不含金屬的岩石。為了要得到純金屬，首先要除掉礦石中無用的岩石和除掉同金屬化合在一起的氧元素，這就是通常所說的從金屬礦中提煉金屬。這是較困難的任務，要化費

許多劳动量和能量。各种金屬提炼的难易是不同的。

总括說来，有一些金屬在自然界中存在得很多，而且比較容易得到，那就是鉄。另一些金屬在大地中同样也存在很多，可是要得到它們却需要化費許多劳动量和能量，这就是鋁和鎂。第三类金屬虽然提炼起来比較简单，但它們在地下的蘊藏量不多，这就是銅、錫、鉛、鋅、汞。最后，第四类金屬提炼起来既困难，在地下的蘊藏量又很少，这就是鎢、鎢、鈾、鈾。以上这些就是为什么金屬有不同应用的解釋。

3. 人类使用金屬的历史

在金屬中首先被人类发现的，也許要算是金了。因为金子不生銹，始終閃耀着一种很好看的金黃色光泽，特別引人注目。河灘里的砂金估計在一万多年以前就被人发现了。

在8,000年以前，埃及人就用銅做成銅刀和各种銅武器。3,800年以前，我国用青銅做成青銅鏡，以及其他一些艺术上有很高成就的銅器。

在3,500年以前，人們就开始煉錫了。銀可能在4,400年前就被人們发现，在2,700年前就开始产銀。

几千年以前，在云南煉出了白銅，这就是銅和鎳的合金。

当青銅时代过去以后，就进入了鉄器时代，使用鉄器最早的是我国。在紀元前三百年，在我国秦汉时候(离开現在2,200多年)，鑄鉄已經使用得相当多，春秋时代我們的祖先已經能用鋼鉄来制造农业工具(如犁和鋤头等)、手工业工具(如刀、鋸、凿子等)，以及刀劍和盔甲等兵器。

我們的祖先对鋼鉄的性能和冶煉的道理，也知道得很清

楚，明朝崇禎年間（距今300多年），宋應星所著的“天工開物”一書中，就講到煉鐵和煉鋼的具體方法。

4. 金屬的特點

為什麼金屬材料在工業上的用途這樣重要又這樣廣泛呢？我們可以从金屬材料的特性上找到。例如金屬材料比別的工業材料能够承受較大的重量而不會彎曲或折斷，在受到突然的沖擊時也比別的材料來得堅強，它又能够抵抗空氣的侵蝕，不像木材那樣容易腐爛。它受到強大壓力時可以變形，因此我們可以把它造成各種不同的形狀。我們還可以把金屬材料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。金屬材料還有一個很重要的性質，那就是焊接。金屬材料可以焊接和修補，而像木材、石頭等材料所制成的東西，一旦損壞了不能再使用時，往往只好丟掉。一座橋樑，一艘輪船，或者一部機器，只要是金屬做的，通常都可以把它壞的部分割去，換上一部分新的，經過焊接就能使它變得象新的一樣。

5. 金屬的分類

工業中常用的金屬可以分為兩大類，一類叫做黑色金屬，普通是指鋼（包括各種常見的合金鋼）和鐵（包括生鐵和各種鑄鐵）；另外一類叫做有色金屬，就是除了鋼、鐵以外的其他金屬，如銅、鋁、鋅、錫、鉛等。

最近蘇聯對於有色金屬和黑色金屬的分類正在作進一步的研究，主要是根據門捷列夫的元素周期表來分，我們在這里對這一點不能够作詳細的說明。在新的分類法中，把鎢、鈳、鉻、

鉅、錳等元素都算作黑色金屬。但這一點只在此提及，在本書中為了按照一般習慣起見，以下所稱黑色金屬仍暫以鋼和鐵為限。

有色金屬，如銅是紫紅色，鉛是灰黑色，鋁和錫是銀灰色的，所以稱為有色金屬。

其中鋁和鎂等金屬因比重較小，有時稱為輕金屬。

鎢、銅、鎳、鈇、鈦、鈷、錫、銻、汞和鉍等金屬在世界上的儲藏量較少，在煉高級鋼和鐵合金時又都很需要它，所以有時稱為特種金屬。

金、銀和鉑的用途主要是做裝飾品和貨幣，同時價值較貴，所以有時稱為貴金屬。

鐳、釷和鈾有放射性，所以稱為放射性金屬。

鈮和鉭等金屬稱為稀土金屬，有時把鐳、釷、鈾、鈮和鉭等統稱為稀有金屬，因為它們在地殼中的蘊藏量很稀少。

金屬分類，用樹枝來表示，見圖1。

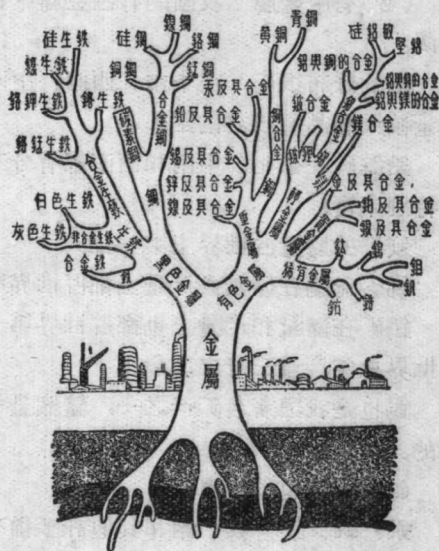


圖1. 金屬分類(用樹的分枝來表示)

6. 我国的黑色金屬与有色金屬資源

(1) **黑色金屬** 我国鉄矿的資源极为丰富，解放以来大力勘探，所发现的鉄矿埋藏量的数字日益增加，比解放前的統計数字增加了很多很多。

东北的鞍山、本溪、弓長嶺、通化、庙儿溝等处均为有名的鉄矿产区，其他如龙烟、金嶺鎮、代县、灤县、阳泉、馬鞍山、大冶、鄂城、繁昌、当塗、宝庆等处也都是著名的鉄矿区，因此我們鋼鉄工业发展的前途是光明远大，未可限量的。

(2) **有色金屬** 我国的有色金屬，在某些方面也是非常丰富的。

鋁的分布很广，在华东、西南、中南、东北和华北都有儲藏量較大和品質很好的鋁矿。

鉛鋅矿在东北、中南和西南都有分布，尤其是云南，鉛鋅矿特別丰富。

鎂矿的儲量占世界上第一位。

鎳矿無論在儲量或产量上都占世界第一位。

錳矿在儲量和产量上也都占世界第一位，过去的年产量就占世界总年产量三分之二以上。

錫也是我国著名矿产之一，儲藏量和产量在世界上都是有名的。

鉬的儲量也很丰富。

汞、钒、铌、鈦、鈷和其他許多稀有金屬的儲藏量也有相当的数量。

銅矿方面，除了过去已經知道的云南大銅矿外，在西北、

华北、中南、东北和华东等地已经发现了好几个大铜矿。

我国有着幅员辽阔的土地面积，和许多未被开发的山岳地区，所以我国黑色与有色金属的资源，一定会随着国家工业化的需要和地质勘探工作的进展，继续不断地被发现。

虽然如此，但总的讲来，节约有色金属仍然是生产中不可忽视的；有些金属，特别是镍、铬和铜的储量和产量，还是比较缺乏的，因此对镍、铬铜的节约，更具有极大的重要性，必须积极寻找代用品。

7. 纯金属和合金

在列有一切现有存在的金属元素的门捷列夫周期表中，我们找不到许多优良的、熟悉的金属，如钢、铸铁、青铜、黄铜、巴氏合金等，我们找不到它们，是因为它们不是纯金属，而是金属的合金。

所谓合金，是两种以上的金属，或者金属和非金属的混合物，例如钢至少是六种元素组成的，其中有两种是基本的，就是铁和碳，其余四种是锰、硅、硫、磷。黄铜是由铜、锌和铅组成。

如果一般的提到金属，那就应该把金属这个名词理解为既是纯金属又是金属合金；当我们说节约金属的时候，指的也不仅是纯金属，也包括合金在内。

无论是纯金属还是合金，在现代工业中都得到应用。

例如纯铜在电气技术中应用得最多；电线、电缆、电机和变压器的线圈等都是纯铜制的，铜具有很好的导电性，除银之外，铜比其他金属能够更好地传导电流。

純錫主要用来对食品用具和罐頭白鉄进行鍍錫，因为食品里的酸对錫不发生作用，而大多数其他金屬和合金会同食品里的酸起化学作用，而引起中毒，在这方面，銅和鋅特別危險。

电灯泡的絲是由鎢制成的，因为鎢是最难熔化的金屬。鎢的熔化温度比其他所有金屬的熔化温度都高。

用合金的地方比用純金屬的地方要多得多，金屬形成合金后，可得到一种完全新的金屬，它有新的显著区别的性質。一般合金都比原来的金屬更坚硬，更易熔解和更易澆鑄，合金中的化学成分，可以按照我們的愿望来分配，使它达到我們所希望的更好的性質，如强度、韌性、硬度、耐腐蝕性等。

合金都是根据合金中的主要成分来命名的，例如銅合金，鋁合金等。

8. 金屬的物理性質

(1) 比重 每单位体积（立方公分）內物質的重量(克)，叫做該物質的比重，它的单位是克/立方公分，或公斤/立方公分。

把体积乘上比重，就是該物質的重量。

几种常用金屬的单位重量見图 2。

各种金屬及合金的比重，見表 1。

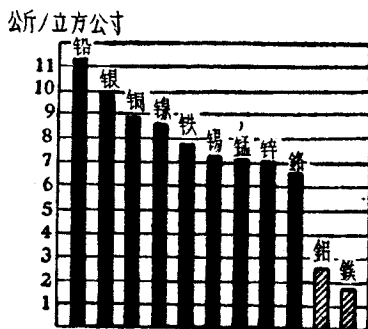


图 2. 金屬的单位重量 (有斜紋的是輕金屬)

表1 金屬及合金的物理性質

金 屬	比 重 (克/立方 公分)	綫膨脹系数	熔 点 °C	导 电 率 %	导 热 率 卡/立方公分/ 秒/°C/公分 (0~100°C)	色 彩
鋁	2.7	0.00002313	660	57	0.485	錫 白
銻	6.67	0.00001152	630	4	0.0442	銀 白
鋅	7.14	0.0000165	419	26.2	0.27	蒼 白
金	19.3	0.00001443	1,063	71.8	0.74	黃
銀	10.5	0.00001971	961	100	1.006	白
銻	6.7	0.0000084	1,615	50	—	灰 白
鈷	8.74	0.00001038	1,490	16	—	鋼 灰
水 銀	13.6	0.0000182	-33.9	1.74	0.018	白
錫	7.31	0.0000267	232	13.8	0.153	銀 白
鉍	9.76	0.00001346	271	1.38	0.0177	白
鎢	18.77	0.00000444	3,350	30	0.35	鋼 灰
鈦	—	—	1,800	—	—	暗 灰
鐵	7.85	0.00001182	1,530	11~16.5	0.1387	灰 白
銅	8.9	0.0000165	1,083	96	0.94	紅
鉛	11.4	0.00002924	327	7.94	0.083	蒼 灰
鎳	8.7	0.00001479	1,452	15~18.4	0.139	白
白 金	21.5	0.00000899	1,755	15~16.5	0.167	白
錳	7.4	0.00002280	1,230	30~34	—	白 灰
鎂	1.74	0.00002594	650	35	0.376	銀 白

鉅	10.2	0.00000501	2,551	27	0.346	銀
鈳	5.5~6.2	—	1,728	—	—	淡 灰
灰鑄鐵	7.2	0.0000108	1,275	1.03~2.75	—	—
白鑄鐵	7.5	0.0000105	1,135	1.03~2.75	—	—
鑄 鋼	7.85	0.0000126	1,425	—	—	—
構造鋼	7.85	0.0000120	1,475	—	—	—
黃 鋼	8.63	0.0000189	945	20.6~23.6	—	—
青 銅	8.72	0.0000175	995	—	—	—

(2)可熔性 金屬加熱到一個一定的溫度就會熔化，這溫度稱為熔點，例如純鉛熱到 327°C 時就熔化，從固態變為液態，中間沒有過渡階段；反過來，把熔化的鉛冷卻，同樣也在 327°C 凝固，熔點和凝固點是相同的，見圖 3。

合金不是在一個溫度上熔化，卻在兩個溫度之間熔化，在下熔點開始熔化，而在上熔點熔化完畢，見圖 4。上下熔點之間的距離稱為熔化帶，合金在固態與液態之間有一個過渡狀態，即膠體狀態，這時材料部分是液態，部分是固態，也就是說在液態中還存在着固體的結晶。溫度愈接近上熔點，則液體的成分就愈多，固體的結晶就愈少，合金的凝固開始於上熔點，完成於下熔點。

差不多所有合金的熔化溫度都比組成



圖 3. 金屬的熔點

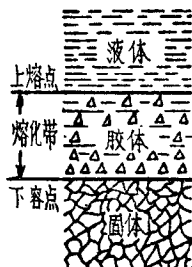


圖 4. 合金的熔化帶

这些合金的純金屬的熔化温度要低一些。

几种重要金屬的熔点，见图 5。

(3) 热膨胀性 一般物質都有热脹冷縮的特性。金屬受热膨胀的程度，是用綫膨胀系数来表示。某金屬材料每当温度上升 1°C 时，伸長的長度与原来長度的比值叫做該金屬材料的綫膨胀系数，各种金屬的綫膨胀系数如表 1 所示。如需計算在某温度时某种金屬的膨胀收縮量时，可用下式計算：

膨胀量 = 原件尺寸 $\times$ 綫膨胀系数 $\times$ (末温度 - 原温度)

(4) 导热、导电性 热从一个物体傳給另一个物体就是导热。木头、水、玻璃傳热很慢，就是导热性低。凡金屬都是电和热的良导体，导热和导电性一般都較高，在金屬中，銀最好，銅、金次之。

工业上用的导热率，是以厚 1 公分、表面积 1 平方公分的材料，两面温度差 1°C ，在 1 秒鐘內，向一方面傳导的热量卡数来表示，其单位为卡/立方公分/秒/ $^{\circ}\text{C}$ /公分。

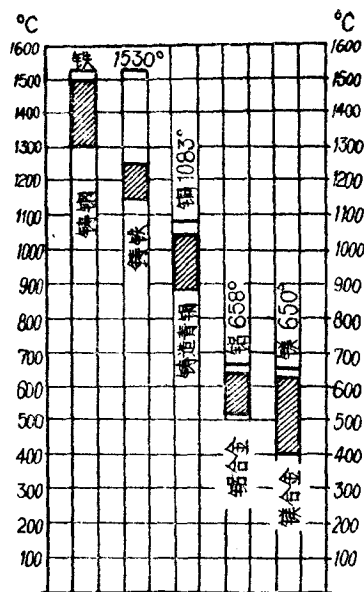


图 5. 鋁合金的熔化帶
(附有主要組成金屬的熔点)

导电能力用导电率表示，是以材料的比电阻的倒数表示的，工业上为了易于了解，用銀作标准，定它的导电率为100%，其他金屬或合金則与銀相比，所得的百分数为导电率。

金屬中混有杂质越多，它的导热、导电能力愈差，各种金屬导热率、导电率的大小各不相同，見表1所示。

如果銀的导热性为100，那么銅就为90，鋁为27，鉄为15，鉛为12，而木料仅为0.05。

如果銀的导电率为100，那么銅就为94，鋁为55，鉄为2，而鈦的导电率仅为0.3。

(5) 磁性 鉄、鋼經磁化后帶有磁性，在电气工程中磁性材料已成为不可缺少的东西，磁性材料可分为两类：

(一) 永磁材料 这种材料長期地保存着很强的磁性，如磁石鋼、阿尼可（鋁、鎳、鈷、鉄等的合金）等在电话、电工仪器、扩音器等方面应用很多。

(二) 暫磁材料 这种材料只有当通过电流后才能被磁化而帶磁性，导磁率非常高，主要如硅鋼片等，多用在发电机、电动机、变压器、电工仪器、通訊器材等电气工程方面。

9. 金屬的化学性质

金屬表面由于化学反应发生侵蝕而起消耗作用，称为腐蝕。例如金屬遇酸类、硷类或在空气中、水中或在高温度的情况下，常会在表面发生化学反应，而被侵蝕；严重时直接影响金屬的性质，縮短使用寿命，甚至报废。

防止腐蝕的方法，通常是：(1)把金屬存放在空气干燥的清洁地方；(2)在金屬表面塗漆或耐锈金屬或造成金屬化合物

皮膜；(3)在金屬內添加耐蝕元素，例如不銹鋼就是在鋼中添加了鉻及鎳。

10. 金屬的机械性質

(1)强度 加力到金屬上，例如鋼上，使它发生破裂，这时鋼对作用力所显示出来的抵抗能力叫做强度，它的单位是公斤/平方公厘。

由于受力种类不同，强度可分以下五种：

(一)抗拉强度；由拉力而生，如图 6 ①。

純金屬和它的合金的抗拉强度，见图 7。

拉力試驗机，见图 8。

(二)抗压强度，由压力而生，见图 6 ②。

(三)抗剪强度，由剪力而生，见图 6 ③。

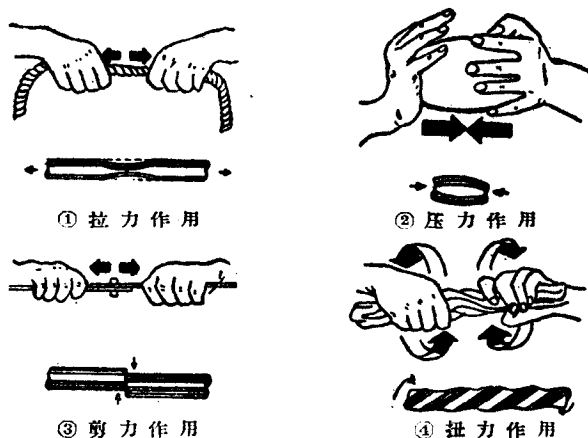


图 6. 各种作用力

上图表示作用力；下图表示物体被作用力破坏后的形状

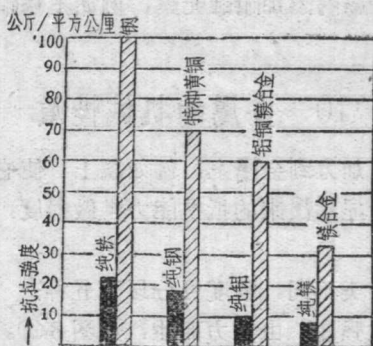


图 7. 純金屬和它的合金的抗拉強度

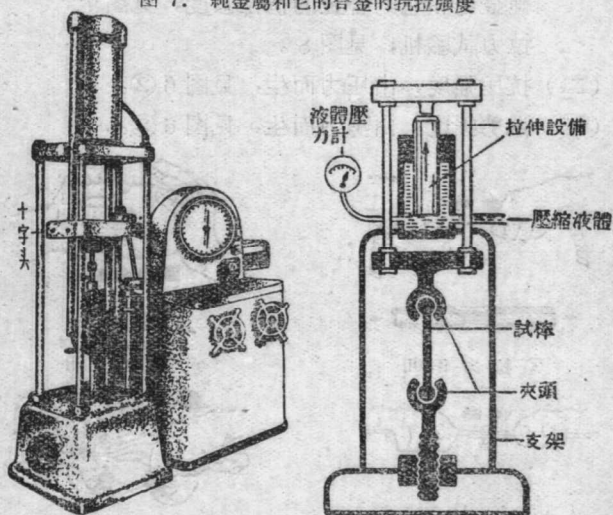


图 8. 拉力試驗机

(四) 抗弯强度，由弯矩而生。

(五) 抗扭强度，由扭矩而生，见图 6 ④。