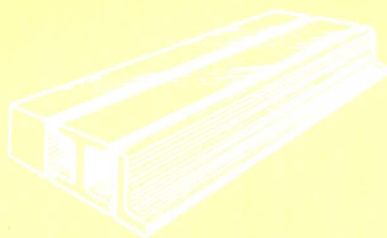


机械工业知识丛书

金属材料

上海材料研究所编



机械工业出版社

机械工业知识丛书

金属材料

上海材料研究所编



机械工业出版社

金 属 材 料
上海材料研究所编
(只限国内发行)

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $4\frac{1}{4}$ · 字数 106 千字

1975年 11 月北京第一版 · 1976年 1 月北京第二次印刷

印数 20,001—70,000 · 定价 0.37 元

*

统一书号: 15033 · (内)667

出 版 说 明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国机械工业欣欣向荣，蓬勃发展，形势很好。

“中国靠我们来建设，我们必须努力学习。”为了适应机械工业发展的需要，我们请有关单位编写了一套《机械工业知识丛书》，供机械行业的领导干部、管理人员和有关同志参考。

《金属材料》为本丛书之一。书中扼要地介绍了金属材料的物理和化学性能、机械性能、工艺性能以及一般的分类方法等基本知识，除介绍了钢铁及有色金属的一般知识外，还分别就结构钢和铸铁、工具材料、轴承材料和耐磨材料、耐腐蚀材料、高温材料、金属基体复合材料等方面，介绍了它们的组成、基本原理、合金元素对基体的影响等，并就如何选用，举例予以说明。书中还概述了金属材料的一般发展趋势。

本丛书在编写过程中，承各编写单位大力支持，做了大量的工作，我们表示衷心感谢。

由于我们水平有限，书中难免有缺点和错误，希望读者批评指正。

目 录

序言	1
第一章 概述	6
第一节 金属的物理和化学性能	6
第二节 金属的机械性能	8
第三节 金属的工艺性能	14
第四节 金属材料的分类	15
第二章 钢铁一般知识	18
第一节 钢铁的生产	18
第二节 钢铁的组织及其转变	20
第三节 钢铁的热处理	31
第四节 合金元素的作用	35
第五节 粉末冶金简介	38
第三章 有色金属	41
第一节 铜及铜合金	41
第二节 铝及铝合金	42
第三节 铅、锡及其合金	44
第四节 锌、镍及其合金	44
第五节 轻金属及其合金	45
第六节 难熔金属及其合金	46
第四章 结构钢和铸铁	49
第一节 工程用钢	49
第二节 低温用钢	54
第三节 机器结构钢	57
第四节 超高强度钢	62
第五节 铸铁	64
第五章 工具材料	67
第一节 碳素工具钢	68
第二节 合金工具钢	68
第三节 高速钢	72

第四节 硬质合金	73
第六章 轴承材料和耐磨材料	75
第一节 滚动轴承钢	75
第二节 滑动轴承材料	77
第三节 耐磨材料	81
第四节 耐磨材料选用举例	82
第七章 耐腐蚀材料	86
第一节 金属的腐蚀	86
第二节 不锈钢	88
第三节 其他耐腐蚀金属材料	98
第四节 典型腐蚀介质中材料的选用	101
第八章 高温材料	108
第一节 热强材料	108
第二节 耐热不起皮材料	115
第三节 高温材料的新发展	118
第九章 金属基体复合材料	122
第一节 晶须和纤维增强的复合材料	122
第二节 共晶复合材料	124
附录一 钢铁产品牌号表示方法	126
附录二 有色金属及其合金的牌号表示方法	129

序 言

金属是现代工业的基础，在社会主义建设中，金属材料是不可缺少的。各种机床、农业机械、矿山机械、金属冶炼设备、石油化工设备、电力设备、交通运输工具以及其他工业的机械和设备，都离不开金属材料。在国民经济的各工业部门中，机械工业的金属制品约占 90% 以上。金属材料的数量和质量，直接关系到机械产品的生产和发展。

人类在同自然界的斗争中，重要的是不断地改进自己的劳动工具。制造工具就需要各种材料。最早，人们只会用天然的石头制作工具，在以后长期的劳动实践中，才逐渐发现和使用金属。起初是铜器，尔后是铁器。金属的使用，大大促进了当时生产的发展。铁器代表一种新的生产力的出现，具有划时代的伟大意义。恩格斯深刻地指出：“它是在历史上起过革命作用的各种原料中最后的和最重要的一种原料。”[●] 至今，钢铁和各种金属材料，仍是发展现代工业和科学技术的前提。为了实现我国工业、农业和国防的现代化，要求提供大量先进的技术装备，这就必须发展一系列具有各种性能的金属材料。所以，金属材料在国民经济建设中，占有十分重要的地位。

我国是世界上最早发现和使用金属的国家之一。早在商朝（公元前 16 世纪）以前，铜器已开始得到应用。1970 年在湖南省宁乡出土了一件精细完整的对凤纹提梁卣（音友），就是商代的铜器制品之一（见图 1）。卣盖内和器底部铸有卣（戈）字铭，是当时黄河流域商代常见的铭文之一。周朝是青铜器的极盛时期，青铜的冶炼铸造及加工技术都已相当发达，用青铜制造工具、兵器、

● 《马克思恩格斯选集》四卷第 159 页《家庭、私有制和国家的起源》。

食具、乐器和车马饰等，已获得相当广泛的应用。

发展到春秋战国时代，我国已普遍应用铁器。公元前 513 年晋国人铸刑鼎，就曾以“一鼓铁”收税。解放后，在全国各地出土了大批早期铁器和发现了不少冶铁遗址。如从河南省辉县的一个战国冶铁遗址中，一次就发掘出“铁范”达 87 件之多。“范”本身为铸铁件，是为生产铸件的金属模型、用以制作镰、钁、斧、锄、

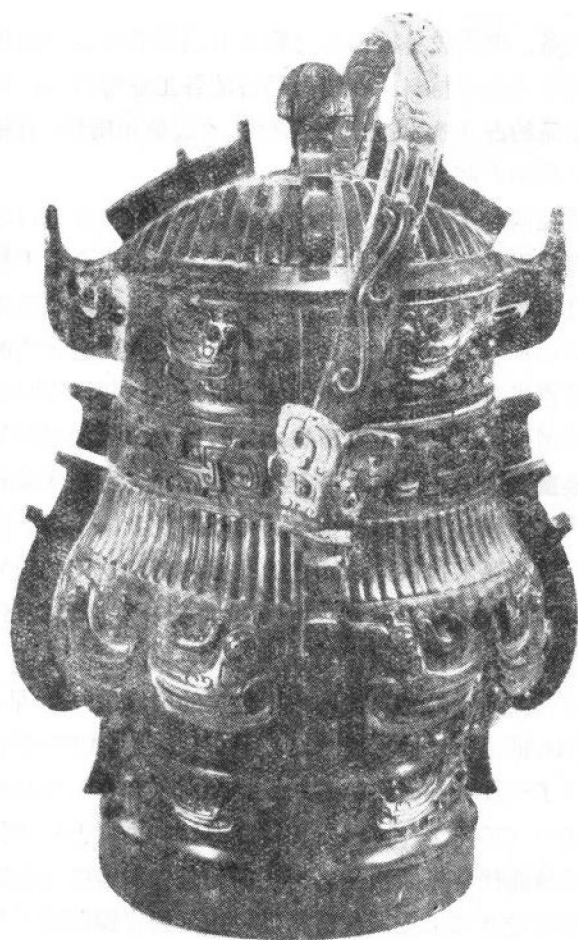


图 1 对凤纹提梁卣

凿和车具等工具。从图 2 中可以看出，早在两千多年前，我国的冶铁技术已经达到了惊人的水平。

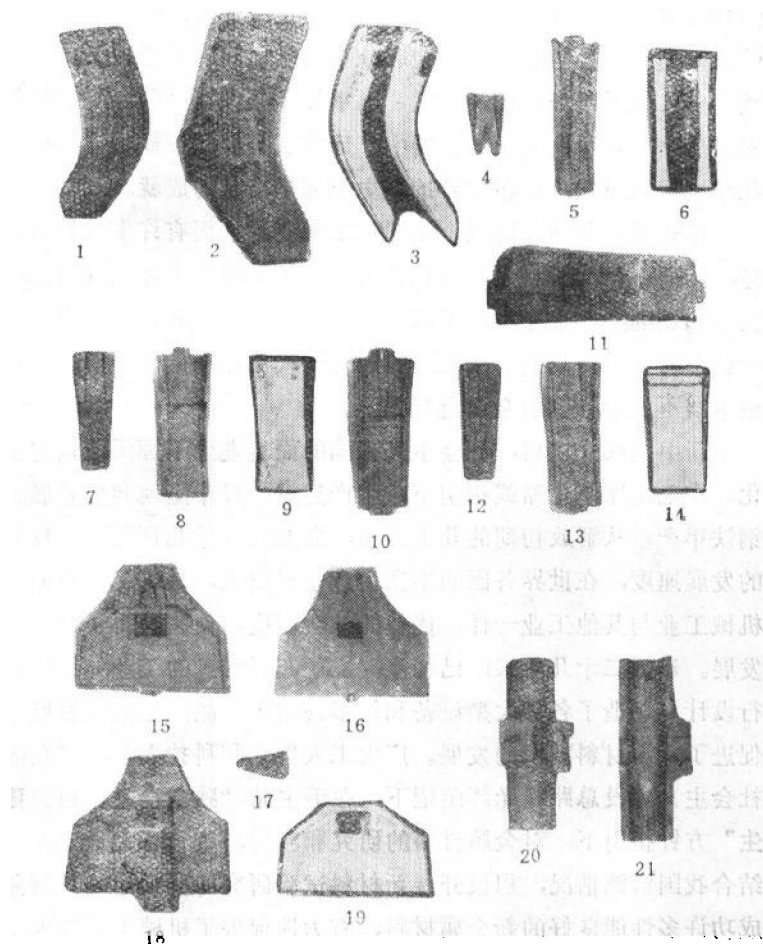


图 2 战国铁范

1、2—双镰范，3—锡制双镰模型，4、5—双凿范，6—锡制双凿模型，
7、8—镢范，9—锡制镢模型，10、11、12、13—斧范，14—锡制斧模
型，15、16、17、18—锄范，19—锡制锄模型，20、21—车具范

我国不仅使用金属的历史悠久,而且积累了丰富的科学知识。如“考工记”中有“金之六齐”[●]一段记载,意思是说,含锡较少($\frac{1}{6}$)的铜合金较韧,可以用来制造钟鼎,而含锡较多($\frac{2}{5}$)的铜合金较硬,可以用来制造刀斧。这段记载充分反映了我国古代劳动人民已能科学地掌握合金成分与性能之间的关系。又据“广重会史”记载,早在战国时代,已掌握了某些钢铁的热处理技术。从战国和西汉出土的铁器中,证实了有类似铸铁可锻化处理和淬火后的组织,这在世界冶金史上都是卓越的成就。

尽管我国劳动人民在金属的加工和使用方面有许多光辉的创造,然而,长期的封建统治和帝国主义的侵略及国民党反动派的压迫和剥削,严重地束缚了我国生产力的发展,同样也阻碍了科学技术的发展。直到解放前,我国的现代工业基础十分薄弱,也根本谈不上有自己的金属材料系统。

新中国成立以后,社会主义祖国的面貌发生了翻天覆地的变化。在毛主席革命路线指引下,生产建设一日千里地向前发展。钢铁年产量从解放初期的几十万吨,发展到二千几百万吨,这样的发展速度,在世界各国的钢铁生产发展史上,是绝无仅有的。机械工业与其他工业一样,优越的社会制度,使它获得了迅速的发展。建国二十几年来,已初步建立了布局合理的工业体系,自行设计和制造了各种大型设备和许多高精尖产品。工业的发展,促进了我国材料技术的发展。广大工人群众和科技人员,在党的社会主义建设总路线光辉照耀下,在毛主席“独立自主、自力更生”方针指引下,对金属材料的研究和应用,进行了大量工作,结合我国资源情况,积极开展新材料试验研究的群众运动,研制成功许多性能良好的新金属材料,有力地促进了机械工业技术水平的提高。在密切与生产实践相结合的原则指导下,在金属材料的基础理论、加工工艺和测试技术等方面,都积累了许多经验,

● 原文“六分之二金而锡居一,谓之钟鼎之齐……五分之二金而锡居二,谓之削杀矢簇之齐”。这里“齐”是合金的意思,古时“金”指铜。

为进一步发展材料技术工作，打下了良好的基础。我国的人造卫星上天和原子弹、氢弹爆炸成功，标志着我国科学技术的新水平，也反映了我国材料工业的新水平。

随着我国社会主义革命和社会主义建设的迅速发展，经过无产阶级文化大革命和批林批孔运动锻炼的广大工人、科技人员，彻底批判了刘少奇、林彪一类骗子所推行的反革命修正主义路线，进一步贯彻了毛主席关于“工业学大庆”的指示精神，群众性的技术革新和技术改造必将更加蓬勃开展。整个国民经济和机械工业的突飞猛进，必将为金属材料的蓬勃发展开创新的局面。

第一章 概 述

人们日常所遇到或使用的各种机器，如汽车、拖拉机、飞机、钟表、发电机、机床等，它们都是由各类金属材料所制成的，而这些金属材料又都必须合乎机械制造所要求的各种性能，并可用比较简单和经济的方法来做成零件。选用金属材料时，应根据实际需要的性能指标，进行合理选择。本章主要就机械工业中对金属材料提出的各种性能，作一简要介绍。

第一节 金属的物理和化学性能

金属的物理性能，是指金属的比重、熔点、热膨胀性、磁性、导电性、导热性等物理特征。金属的化学性能，则主要是指金属或合金的化学稳定性，即抗氧化性和耐腐蚀性等。这些性能大都与合金成分和组织状态有关。

一、比重

比重是一个物体的重量与同等体积水的重量的比值，习惯上简单的讲法，比重是指单位体积的重量。如钢的比重为 7.8 克/厘米^3 左右。金属材料的比重，直接关系到零件的重量，特别在航空制造业以及导弹、宇宙航行、人造卫星等设计和制造中，零件的重量关系极大。在不少精密机械中，某些高速运转的零件，也要求能尽量减轻重量。所以金属材料的这个物理性能，在机器制造中就不容忽视。一些高强度的轻合金，如铝镁合金（比重只有 2 克/厘米^3 左右）、钛合金（比重为 4.5 克/厘米^3 左右）等，在比重方面就显示出了它们的优越性。

二、熔点

金属及合金的熔化温度即为熔点。熔点低的金属及合金，其

铸造和焊接都较容易。工业上常常将易熔合金用来制造熔断器和防火安全阀等零件，而难熔合金则用来制造要求耐高温的零件，广泛应用于火箭、导弹、燃气轮机、喷气飞机等方面。

三、热膨胀性

金属及合金受热时，一般说来体积都要胀大（即几何尺寸要伸长），称为热膨胀性。通常广泛应用的是线膨胀系数。如在精密仪器和精密机床的零件中，为了保持其高度精确性，就要求采用线膨胀系数很小的精密合金来制造。在使用不同金属制成一个零件时，如异种金属焊接等，就要考虑它们的热膨胀性是否接近，否则会因为膨胀不等而使零件变形或损坏。

四、磁性

通常把金属能导磁的性能叫做磁性。如铁、镍、钴等均具有较高的导磁性（称为磁性金属），是制造电机和通讯器材中所不可缺少的材料。相反，机械中有些零件要求无磁性，如电机上的护环，就需选用无磁性的材料。

五、导热性

一般金属都能传导热量，即所谓导热性。当金属零件在加热或冷却时，由于零件表面和内部的温度不同（温差），因而膨胀也不一样，此时金属内部就会产生一种内应力。如果内应力大于金属的强度时，金属内部就会发生裂纹。金属的导热性愈差，则内外温差愈大，相应地，内应力也愈大，金属零件在加热或冷却时，也就容易发生裂纹。另外，导热性好，零件容易散热。铜和铝的合金导热性较好，因而常常用来制造散热器、热交换器等零部件。

六、导电性

金属及合金都能传导电流，叫做导电性。银的导电性最好，铜、铝其次，所以工业上常用铜和铝及它们的合金兼作导电的结构材料。有时也需要一些导电不良（即电阻很高）的合金材料，如用来制作电热元件等零件的材料。

七、耐腐蚀性

一般金属零件均受空气中氧、水蒸气等的侵蚀，有些设备还受酸、碱的腐蚀，如果所用材料的耐腐蚀性差，就容易产生锈蚀现象。由此可知，金属的耐腐蚀性，即是指金属抵抗各种介质侵蚀的能力。据有人估计，工业上每年因锈蚀而损失的金属，大约相当于总产量的1%左右，这不能不说是一个极大的浪费和损失。因此，必须与锈蚀现象作斗争，改善金属的耐腐蚀性能，这对于节约金属消耗，延长金属材料使用寿命，具有现实的经济意义。

八、抗氧化性

现代工业的许多设备，如各种工业锅炉、热加工机械、汽轮机、喷气发动机、火箭、导弹等，有许多是在高温下工作的零件。这些零件的材料要求有良好的抗氧化性能，否则表面就会很快被氧化剥落而损坏掉。制造这些零件，就必须采用耐热材料。

第二节 金属的机械性能

任何机械零件或工具，在使用过程中，往往要受到各种形式外力的作用。如起重机上的钢索，受到悬吊物拉力的作用；钢轨受到火车很大的压力；柴油机上的连杆，在其传递动力时，不仅受到拉、压力的作用，而且还要承受冲击力的作用；轴类零件要受到弯曲、扭力的作用，等等。这就要求金属材料必须具有一种能抵抗外力而不产生超过允许的变形或不被破坏的能力，这种能力，一般就指的是材料的机械性能。金属材料在外力作用下表现出诸如弹性、强度、硬度、塑性和韧性等特征，通常就用这些特征指标来衡量金属材料的机械性能。

任何金属，在外力作用下所引起变形和破坏的过程，大致可分为三个阶段：1. 弹性变形阶段；2. 弹-塑性变形阶段；3. 断裂。

一般的断裂有两种形式：断裂之前没有明显塑性变形阶段的，称脆性断裂；经过大量塑性变形之后才发生断裂的，称韧性

断裂。

一、弹性

在弹性变形阶段中,当外力卸除后,变形便消失,固体自然回复到原始状态的现象,称为弹性。这种弹性变形只有在某一极限应力以下才能实现。通常用弹性模数、比例极限和弹性极限等机械性能指标,来表示固体材料在弹性变形阶段的性能。

1. 弹性模数(E)

固体受外力作用时,其内部产生一种内力,以抗衡外力的作用。我们称单位面积上的内力为应力。在外力作用下,也同时产生变形。我们称单位长度上的变形为应变。在上述情况下,一定的物体受某一外力作用而产生弹性变形,而当外力和变形总是成比例地增长,即应力和应变成正比时,这个比例系数就称为弹性模数,用 E (公斤/厘米²)表示。金属的弹性模数,主要取决于金属的原子本性、结晶点阵和温度等因素,而合金化、热处理和冷热加工等因素对它影响很小,因此它是金属材料最稳定的性能之一。如钢于室温下的弹性模数约在 $(1.9\sim 2.2)\times 10^6$ 公斤/厘米²范围内。但 E 值随温度的升高而逐渐降低。

2. 比例极限(σ_p)

在弹性变形阶段,当应力和应变成正比时的极限应力,称为比例极限,用 σ_p (公斤/毫米²)表示。实际上, σ_p 是很难精确测定的,因此作了一定的规定条件,这些规定列于各国的试验标准里。

3. 弹性极限(σ_e)

固体材料承受不产生永久变形的最大应力,就称为弹性极限,用 σ_e (公斤/毫米²)表示。弹性极限实际上是表示材料弹性变形的极限能力。它和 σ_p 一样,也很难精确测定。为了测定的方便,通常规定为当产生一很小永久变形值的应力,就作为弹性极限。同时,弹性极限和比例极限两者很接近,有时就不把它们加以区别。金属材料通过热处理,特别是冷热形变硬化,将强烈地影响它们的弹性极限。因此,大多数弹性材料,可通过形变硬化来提

高其弹性性能。

二、强度

强度是物体在外力作用下抵抗产生塑性变形和断裂的特性。常用的指标有屈服极限和强度极限。

1. 屈服极限 (σ_s)

金属材料承受载荷而当载荷不再增加或缓慢增加时，仍继续发生明显的塑性变形，这种现象，习惯上称为“屈服”。发生屈服现象时的应力，即开始出现塑性变形的应力，称为“屈服点”，用 σ_s （公斤/毫米²）表示，它即代表材料抵抗微量塑性变形的抗力。

有些金属的屈服点极不明显，这给测量带来了困难。为了衡量各种材料的屈服特性，工程上常规是以产生残余塑性变形为某规定值（如0.2%）时的应力大小，作为“条件屈服极限”（或称“条件屈服强度”），可用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服极限是工程技术上非常重要的机械性能指标之一，也是设计绝大部分零件时选用材料的依据。如为了保证气缸体和气缸盖的密封性，连结螺栓是不允许出现塑性变形的，所以设计汽车、拖拉机气缸盖螺栓时，就必须以屈服极限为依据。

2. 强度极限 (σ_b)

金属材料在受力过程中，从开始加载到发生断裂所能达到的最大应力值，叫做“强度极限”，一般又称“强度”，用 σ_b （公斤/厘米²）表示。由于外力的形式不同，有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。

工程上所用的金属材料，不仅希望具有高的 σ_s ，并且还希望具有一定的屈强比（ σ_s 与 σ_b 的比值）。屈强比愈小，虽然愈不容易发生危险的脆性破坏，但屈强比太低，材料强度水平就不能充分发挥。因此，一般还是希望屈强比高一些。不同零件对屈强比有不同的要求，如弹簧就要求有高的屈强比。

机械零件所受的应力，一般都应小于屈服极限，更不允许超过强度极限，否则就会发生破坏。显然，材料的强度越高，能承

受的应力也越大，相应零件的体积和重量就可以减少。

三、塑性

金属的塑性，是指金属在外力作用下产生塑性变形而不被破坏的能力。常用的塑性指标是延伸率和断面收缩率。

1. 延伸率 (δ)

试样受拉力折断后，总伸长的长度同原始长度之比值的百分率，称为延伸率，用 δ (%) 表示。由于总伸长是均匀伸长与产生局部缩颈后的伸长之和，故 δ 值的大小与试样尺寸有关。为了便于比较，试样必须标准化。通常采用试样的计算长度，为其直径的 5 倍或 10 倍。

2. 断面收缩率 (ψ)

试样受拉力折断后，断面缩小的面积同原截面面积之比值的百分率，叫做断面收缩率，用 ψ (%) 表示。

延伸率和断面收缩率，都是用来度量金属材料塑性大小的，延伸率和断面收缩率愈大，表示金属材料的塑性愈好。如纯铁的延伸率几乎为 50%，而普通生铁的延伸率还不到 1%，因此纯铁的塑性远比生铁要好得多。

上述塑性指标在工程技术中具有重要的实际意义。首先，良好的塑性可顺利地进行某些成型工艺，如锻压、冷冲和冷拔等。其次，良好的塑性使零件在使用中能由于塑性变形而避免突然断裂，故在静载荷下使用的机械零件，都需要具有一定的塑性。当然，过高的塑性要求也是没有必要的。

四、硬度

硬度是指金属材料抵抗其他更硬物体压入表面的能力，也可以说是材料对局部塑性变形的抗力。

由于测量的方法不同，常用的硬度指标可分为布氏硬度 (HB)、洛氏硬度 (HR) 和维氏硬度 (HV) 等。

硬度是材料的重要性能指标之一。一般说来，硬度高，耐磨性较好，工具越硬，也越锋利。大部分金属的硬度和强度之间有一