



JINSHU CAILIAO ZHISHI

金属材料知识

翟 光 智

湖北人民出版社

金属材料知识

翟光智

*

湖北人民出版社出版

湖北省新华书店发行

蕲春县印刷厂印刷

*

1977年4月第1版 1977年4月第1次印刷
统一书号: 15106·220 定价(薄凸版): 1.38元

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

政治和经济的统一，政治和技术的统一，这是毫无疑义的，年年如此，永远如此。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

目 录

第一章 概 述.....	(1)
第二章 金属材料的性能及试验.....	(7)
第一节 金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能.....	(8)
第二节 金属材料的机械性能及其试验.....	(20)
第三章 金属材料的分析与探伤试验	(74)
第一节 金属材料的成分分析方法.....	(75)
第二节 金属材料的金相分析方法.....	(77)
第三节 金属材料的探伤试验.....	(80)
第四章 黑色金属材料	(92)
第一节 炼铁与炼钢的概述.....	(93)
第二节 铸铁	(115)
第三节 碳素钢	(134)
第四节 合金钢	(175)
第五章 有色金属材料.....	(286)

第一节	铜及铜合金	(290)
第二节	铝及铝合金	(323)
第三节	铅和锡	(338)
第四节	轴承合金	(340)
第五节	硬质合金	(346)
第六章	金属材料的热处理与化学热 处理	(354)
第一节	铁碳平衡图	(355)
第二节	钢的热处理	(385)
第三节	合金钢的热处理	(438)
第四节	铸铁的热处理	(467)
第五节	有色金属的热处理	(471)
第六节	钢的化学热处理	(488)
第七章	金属材料的腐蚀与防腐	(505)
第一节	金属材料的腐蚀	(506)
第二节	金属材料的防腐	(512)

第一章 概 述

经过伟大的无产阶级文化大革命，我国工业战线呈现出一片欣欣向荣的大好形势。我国工人阶级，在毛主席无产阶级革命路线的指引下，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，独立自主、自力更生，走无产阶级自己工业发展的道路，加快了工业发展的步伐。随着我国国民经济的不断发展，我们需要生产更多更好的机械设备，以满足工农业发展的需要。

大家知道，工农业上所使用的机械设备有各种各样，如汽车、拖拉机、柴油机、电动机、机床、水泵、鼓风机以及塔、炉、罐、容器、阀门，等等。所有这些机械设备，不论其大小或繁简，都是由很多零件组成的。而这些零件，又都是用各种材料制造加工出来的，如水泵壳体、机器机身、机床床身就是用铸铁制造的；机器主轴、齿轮、螺丝通常采用钢；而机器的轴承套、轴瓦就常用铜合金、锡铅合金或塑料来制作，等等。这种用来制造加工机械设备零件的材料，其种类是十分繁多的。这是因为在现代工业中，各种机械和设备其操作使用条件是很复杂的，差异也是很大的，如有的机械设备是在高温高压条件下工作，有的则是在低温负压下进行工作，有的机械要承受强烈的冲击、震动和磨损，有的设备则要直接受到火焰的加热，甚至有的机械和设备还受到介质的不同程度的腐蚀，等等。正是由于它们的操作使用条件

有着如此大的差异，这就决定了用来加工制造这些零件的材料，也必须呈现出多样性。这样，才能符合使用要求。否则，制造出来的机械和设备，就不能很好地满足生产使用的需要。

虽然用来制造机械和设备材料种类很多，但根据各种材料的组成元素的不同，工业上一般都把它分为两大类，即金属材料和非金属材料。而金属材料，我们又可把它分为黑色金属材料和有色金属材料两类。

我们知道，目前，人们已经发现在自然界中有 103 种元素。在这 103 种元素中，有 16 种元素是非金属元素，如碳、硅、硫、磷、氧、氮等；还有 6 种元素是惰性气体元素，如氦、氖、氩、氪、氙、氡等；其余的 81 种元素，都是金属元素，如铁、铜、铝、镁、铅、锡、锰、钛、镍、铬、钨、金、银等等。

在 81 种金属元素中，我们又可把它分为黑色金属元素、放射性金属元素和有色金属元素。如铁、铬、锰三种元素，就属于黑色金属元素；铀、镭等 17 种元素是属于放射性金属元素；而其余的 61 种元素就都属于有色金属元素。

所谓金属，就是指由一种金属元素所组成的带有电子导电性的物质。它们大都带有光泽，具有一定的塑性，并且有良好的导热性和导电性（导电性随温度的升高而降低），凡是这样的物质，我们就叫作金属。

在现代工业中，由于纯金属其强度和硬度都较低，一般不能满足工业上所提出的多种多样的技术要求，而且从经济上来考虑，纯金属是不易提炼的，其价格昂贵。所以，纯金属在工业上的应用是较少的，只有在电器工业上为了满足导电性能的要求，才使用纯金属，如铜、铝等。可见，纯金属

的使用受到了一定的限制。合金的应用就完全不同，它在工业上得到非常广泛的使用，尤其在机械制造业中。

所谓合金，就是指由两种或两种以上的金属，或金属与非金属所组成的一种具有金属特征的复杂物质。它们在液体状态时，大都能互相溶解，在固体状态下，具有金属特征，凡是这样的物质，我们就叫作合金。如钢，就是由铁和碳所组成的合金；黄铜，就是由铜和锌所组成的合金，等等。

由于合金可以具有不同的化学成分，因而可以在很大的范围内，来改变它的物理、化学、工艺和机械性能；同时，合金除了能改变化学成分以外，还可以利用热处理或化学热处理的方法来改变它的性能。正是由于合金具有这样一些特性，所以它在现代工业中得到极为广泛的应用，也是理所当然的。

我们都已知道，机械、设备及其零件大都是由金属或合金（主要是由合金）制造而成的，而这种用来制造机械设备及其零件的金属或合金，我们平常又都统称为金属材料。所以，工业上所说的金属材料，实际上是金属和合金的一种广义称呼。

这里需要指出：材料，尤其是金属材料，是现代工业的基础。它在整个国民经济中占有极为重要的地位。

一、黑色金属材料

黑色金属材料，就是指我们通常所说的钢和铁，即铁碳合金。这是工业上最常用的材料，是制造机械设备的一种主要材料，也是使用最广、用量最大的一种金属材料，哪个部门也少不了。

就是这样一种极为重要的金属材料，解放前，我国却少

得可怜。当时的旧中国，由于处在三座大山的统治和压迫下，生产关系极为落后，从而严重阻碍着生产力的发展，生产水平处于非常落后的状态。全国解放时，象我们这样一个人口众多，国土辽阔的大国家，钢的年产量才只有15万8千吨，铁的年产量仅有25万2千吨，这是多么的不相称啊！可是，解放以后，伟大的中国人民站起来了，在毛主席和党中央的英明领导下，我国的钢铁工业同其它工业一样，获得了史无前例的迅速发展。到1960年，仅仅用了十一年的时间，我国的钢产量就达到了1845万吨，比解放前增长了116倍，这是一个多么巨大的变化。这个发展速度是惊人的，是世界历史上从来没有过的。

特别是无产阶级文化大革命以来，我国钢铁战线上的广大职工，在毛主席革命路线的指引下，坚持“抓革命，促生产，促工作，促战备”的方针，进一步成功地利用我国的丰富的合金资源，取得了发展普通低合金钢、高级合金钢和特种钢材的新成就。尤其令人自豪的是我国自行设计的一万二千万吨水压机的制造成功，南京长江大桥的建成，我国人造地球卫星的上天，等等，这完全都是采用我国自己冶炼的钢材。它大长了中国人民的志气，大灭了帝修反的威风。这一系列的伟大成就，都是毛泽东思想的伟大胜利，是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利。

黑色金属材料之所以在国民经济中占有重要地位，在工业上得到极为广泛的应用，主要是由于下述几点：

- 1、黑色金属材料的资源丰富，冶炼较方便；
- 2、黑色金属材料具有很多良好的性能，而且易于加工制造；
- 3、黑色金属材料可以通过热处理或化学热处理的方法，

使其机械性能得到改善和提高。这样就更进一步扩大了黑色金属材料的使用范围。

工业上常用的黑色金属材料，主要有铸铁、碳素钢和合金钢。

二、有色金属材料

有色金属材料，就是指钢和铁以外的其它金属材料，如铜、铝、镁、钛、铅、锡等及其合金。

有色金属材料在工业上的应用也是较多的，它已经成为我国机械制造业和许多其它工业部门中不可缺少的一种重要结构材料。特别是近年来，由于我国的喷气技术、电子技术等工业的高度发展，其应用就更为广泛。

今天，我国的有色金属工业，不仅拥有现代化的铜、铅、锡、锌、铝、镁等有色金属冶炼厂，而且有着设备较完善的轻、重有色金属加工厂。我国的有色金属战线，正在不断创造新的有色合金材料，并不断扩大它的使用范围。可以肯定，它对我国现代的工业技术发展，有着十分重要的意义。

有色金属材料与黑色金属材料相比，主要具有下列特点：

1、有色金属材料具有高的耐热性能。有色金属材料中除了镍基、钴基、铬基外，还有钛、铌、钒、钨等，都是有发展前途的一些高温金属材料。

2、有色金属材料还具有钢和铁所没有的一些特殊物理、化学性能。如铜、铝具有高的导电性和导热性，铝、镁比重小，锡、铅熔点低等。

但由于有色金属在自然界中蕴藏较少，提炼比较困难，价格较贵，所以在生产使用中，我们要尽量少用或用其它材

料来代替，以节省有色金属材料。

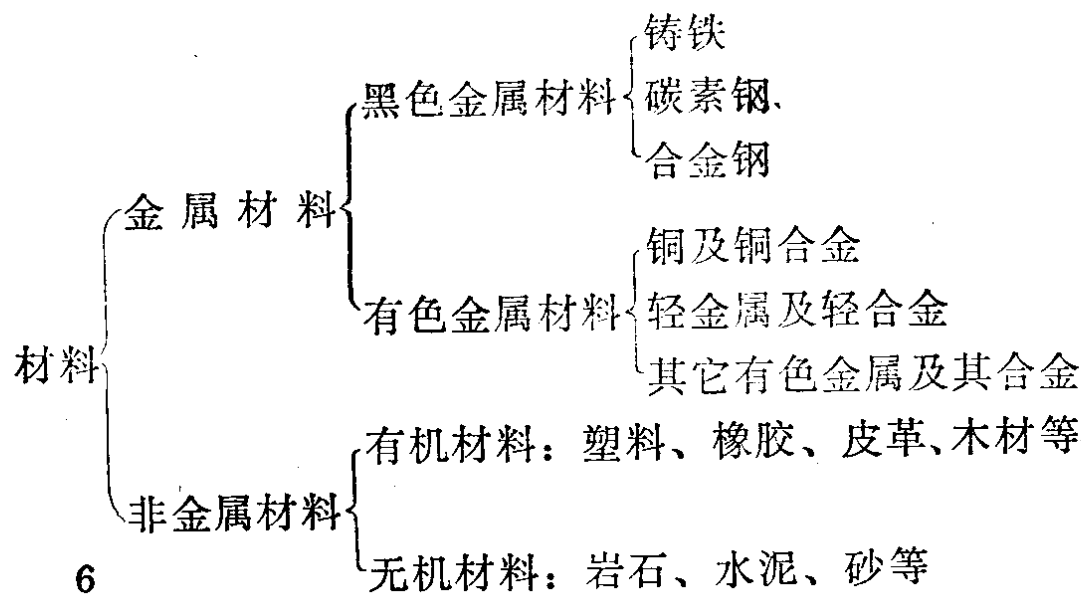
工业上一般常用的有色金属材料，主要有铜及铜合金、铝及铝合金、铅锡及其合金等。

三、非金属材料

非金属材料，就是除了金属材料以外的其它所有材料。一般又可分为有机材料和无机材料两类。

非金属材料在工业上的应用也很广泛，在机械设备制造上和某些特殊情况下，也得到一定的应用，如塑料、橡胶、皮革、石棉、木材等。有些非金属材料在一定的条件下，还可作为钢铁的代用材料，这样就可以节省大量钢铁，应用到更需要的地方去。特别是塑料，由于它比重轻，不怕振动，不易折断，尺寸稳定，而且具有优良的自润滑性能，低的摩擦系数，良好的抗咬合性、耐腐蚀性和耐热性，以及一定的承载能力，在许多场合下，可以作为轴承及其它耐磨、减摩材料。所以塑料在机械设备制造中，占有独特的地位，在很多情况下，它可以完全代替金属材料，甚至其性能还优于金属材料。正因为这样，近年来塑料的应用范围已越来越广泛。

综上所述，工业上所使用的材料的分类，可列表如下：



第二章 金属材料的性能及试验

我们要制造一台较好的机械或设备，就需要合理选择材料，也就是说所选择的材料，不仅要满足工艺上的各种要求，而且还要经济、安全、耐用。这些要求，必须全面考虑，才能充分发挥材料的作用，才符合多快好省地建设社会主义总路线的精神。

由于金属材料种类很多，为了做到合理地选用金属材料，充分发挥金属材料本身的性能潜力，提高产品的质量，节省金属材料，我们就必须对金属材料的各种主要性能有所了解。同时，还由于材料的性质各不相同，人们对材料所提出的要求，常常是多种多样的，这些要求又往往是互相矛盾的，因此，就给人们合理地选择材料带来很多困难。这时我们就必须透过现象看本质，抓住主要矛盾，也就是说抓住材料的主要性能，使其满足我们的基本要求。可见，了解和掌握金属材料的性能，对于正确选用材料是必不可少的一个前提。

我们所说的金属材料的性能，通常包括物理性能、化学性能、工艺性能和机械性能。所有这些性能都是很重要的。但是，对于机械设备制造上所使用的金属材料来说，机械性能尤为重要。因为一般的机械设备、零件，在设计和选择材料时，大多是以机械性能指标来作为主要依据的。

所以，在本章中，我们对金属材料的物理性能、化学性能和工艺性能，只作一般性介绍；而对金属材料的机械性能

及其试验，将作为重点来进行讨论。

第一节 金属材料的物理性能、 化学性能和工艺性能

一、物理性能

金属材料的物理性能，一般包括比重、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

在选择材料时，这些物理性能都是我们必须考虑的。例如，要确定材料的使用温度范围或者制定金属材料的热处理规范时，我们就需要知道材料的熔点是多少；要制造换热设备时，我们就需要选用导热性良好（即导热系数大）的材料来制作；在电器工业上制作导线时，我们就要求使用导电性良好的金属材料；而在飞机制造业上，就要求选用比重小、强度高的轻合金材料，等等。从这些点滴的例子，我们就不难看出，了解金属材料的物理性能是很有必要的。

（一）比重

所谓比重，就是指单位体积金属所具有的重量，它的单位一般为“克/厘米³”。金属材料按比重大小的不同，可分为轻金属和重金属。轻金属就是指比重小于5克/厘米³的金属；重金属就是指比重大于5克/厘米³的金属。金属中如铝（比重为2.70克/厘米³）、镁（比重为1.74克/厘米³）、钛（比重为4.51克/厘米³）等及其合金，就属于轻金属；而铜、铅、锡、钨、钼、钒、铂等及其合金，都属于重金属。在常用金属中，最轻的是镁；最重的则是铂，其比重为21.45克/厘米³。

常用材料的比重见下表（表2—1）所列。

表 2—1 常用金属与非金属的性能参考表

名 称	元 素 符 号	物 理 性 能				机 械 性 能				色 泽
		比 重 (克/厘米 ³)	熔 点 (°C)	导 热 系 数 (千卡/米·时·°C)	线膨胀系数 (1/°C)	抗 拉 强 度 σ_b (公斤/毫米 ²)	伸 长 率 δ (%)	断 面 收 缩 率 ψ (%)	布 氏 硬 度 HB	
铁	Fe	7.86	1539		11.7×10^{-6}	25~33	25~55	70~85	65	灰白
铝	Al	2.70	660.2	175	23.1×10^{-6}	8~11	32~40	70~90	20	银白
钴	Co	8.90	1495		12.5×10^{-6}	25	5	—	140	钢灰
铬	Cr	7.19	1855		6.2×10^{-6}	20~28	9~17	9~23	110	灰白
铜	Cu	8.94	1083	338	16.6×10^{-6}	20~24	45~50	65~75	40	红
镁	Mg	1.74	650		25.7×10^{-6}	20	11.5	12.5	36	银白
锰	Mn	7.43	1245		23×10^{-6}	脆	—	—	210	灰白
钼	Mo	10.2	2622		4.9×10^{-6}	70	30	60	160	银白
镍	Ni	8.9	1455	51	13.5×10^{-6}	40~50	35~40	60~70	80	白
铅	Pb	11.34	327.4	30	29.1×10^{-6}	1.8	45	90	4	苍灰

续表

名 称	元 素 符 号	物 理 性 能			线膨胀系数 (1/°C)	机 械 性 能			色 泽	
		比 重 (克/厘米³)	熔点 (°C)	导 热 系 数 (千卡/米·时·°C)		抗 拉 强 度 σ_b (公斤/毫米²)	伸 长 率 δ (%)	断 面 收 缩 率 ψ (%)		布氏 硬度 HB
锑	Sb	6.69	630.5		11.4×10^{-6}	0.5~1	脆	脆	30	银白
锡	Sn	7.3	231.9	54	23×10^{-6}	2	40	90	5	银白
钛	Ti	4.51	1660		9×10^{-6}	25~30	50~70	76~88	100	暗灰
钒	V	6.1	1919		8.3×10^{-6}	22	17	75	264	淡灰
钨	W	19.3	3410		4.3×10^{-6}	105	0~4	0~20	290	钢灰
锌	Zn	7.14	419.4	95	33×10^{-6}	15	20	70	30	苍灰
铌	Nb	8.57	2497		7.5×10^{-6}					
铸铁		6.6~ 7.4	1200	40~80	$(8.7 \sim 11.7) \times 10^{-6}$					
铸钢		7.8	1425							
碳钢		7.85	1400~ 1500	40	$(10.6 \sim 12.2) \times 10^{-6}$					

续表

名 称	元 素 符 号	物 理 性 能			线膨胀系数 (1/°C)	机 械 性 能			布氏 硬度 HB	色 泽
		比 重 (克/厘米 ³)	熔 点 (°C)	导 热 系 数 (千卡/米·时·°C)		抗 拉 强 度 σ_b (公斤/毫米 ²)	伸 长 率 δ (%)	断面收 缩率 ψ (%)		
铬钢					11.2×10^{-6}					
黄铜		8.85	950	80	17.8×10^{-6}					
锡 青铜		8.8	995	55	17.6×10^{-6}					
铝 青铜		7.8			17.6×10^{-6}					
硼	B	2.34	2300		8×10^{-6}					
碳	C	2.22	3600		6.6×10^{-6}					
硅	Si	2.33	1440		4.2×10^{-6}		脆			
磷	P	1.83	44.1		125×10^{-6}					
硫	S	2.06	112.8		67.5×10^{-6}					

(二) 熔点

所谓熔点，就是指金属材料在缓慢加热的条件下，由固态转变为液态时的温度。熔点的单位一般用摄氏温度(即 $^{\circ}\text{C}$)来表示。

在工业上常用的金属材料中，锡的熔点最低(为 231.9°C)；而钨的熔点最高(为 3410°C)。根据金属材料的熔点不同，在工业上可以有不同的用途。例如，低熔点的铅(为 327°C)，就可以用来制作电路上所用的保险丝，而电灯泡内的灯丝，就是用高熔点的钨来制造的，等等。

常用材料的熔点见表 2—1 所列。

(三) 导热性

所谓导热性，就是指金属材料传导热量的一种能力。一般是用导热系数来表示金属材料导热性能的优劣。导热系数大的金属材料，其导热性就优良；导热系数小的金属材料，其导热性就劣。导热系数的单位为“千卡/米·时· $^{\circ}\text{C}$ ”。

导热性是金属材料的重要性能之一。一般来说，纯金属的导热性最好。在金属中，杂质含量即使很少，它对金属材料导热性的影响也是很显著的(而当杂质含量增大时，其影响程度将会减小)。由于这个原因，金属材料中加入合金元素后，就会使材料的导热性降低。钢中成分越复杂，其导热性就越差。所以，合金钢的导热性就比碳素钢的导热性要差。

导热性在我们实际工作中有什么意义呢？当我们制定一个与金属材料的加热及冷却有关的工艺规程时，如我们进行焊接、热处理或锻造等工序，我们就必须掌握金属材料的导热性。因为金属材料在加热或冷却过程中，由于内外温度不同，将会产生内外组织不同的膨胀或收缩。此时，使金属材