

全国物资中等专业教育自学考试教材

金属材料

JIN SHU CAOLIAO

中国物资出版社

全国物资中等专业教育自学考试教材

金属材料

15x72/20



中国物资出版社

B 557332

全国物资中等专业教育自学考试教材

金 属 材 料

※

中国物资出版社出版发行

北京华新印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9 字数: 202 千字

1989年2月第1版 1989年2月第1次印刷

印数: 1—15,000册

书号: ISBN 7-5047-0116-5/TG·002

定 价: 3.00 元

编写说明

本书是由全国高等教育自学考试指导委员会和物资部科教司组织统编的全国物资中等专业教育自学考试《物资经济管理专业》基础课教材之一，亦可作为物资部门其他专业的参考书。

本教材阐述了金属材料基础知识，生铁与铁合金、钢与钢材、有色金属等各种材料的成分、性能、特点、主要用途、规格、牌号以及验收、保管知识。

本书由南京物资学校顾乐琴同志主编，并编写第一、第二、第三章及各章小结；安徽省物资学校沈祖雄编写第四、第五、第六章；物资部中国有色金属材料总公司姜庆忱同志和物资部职称改革工作办公室赵树康同志任主审，物资部科教司审定。

由于我们的水平所限，编写时间紧迫，缺点在所难免，敬请读者批评指正。

《金属材料》编写组

1988年9月

目 录

第一章 金属材料基础	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 金属材料的主要性能.....	(3)
第三节 金属材料的组织结构.....	(24)
第二章 生铁与铁合金	(44)
第一节 生铁.....	(44)
第二节 铁合金.....	(49)
第三章 钢	(66)
第一节 钢的分类.....	(66)
第二节 影响钢性能的主要因素.....	(75)
第三节 主要钢种.....	(81)
第四章 钢材	(149)
第一节 钢材的分类.....	(149)
第二节 型材.....	(151)
第三节 钢板与钢带.....	(168)
第四节 钢管.....	(179)
第五节 金属制品.....	(183)
第五章 有色金属	(199)
第一节 有色金属及合金的分类.....	(199)
第二节 铜及铜合金.....	(204)
第三节 铝及铝合金.....	(218)
第四节 其它有色金属.....	(229)

第六章 金属材料的验收与保管	(247)
第一节 金属材料的验收.....	(247)
第二节 金属材料的保管.....	(262)
附录 化学元素名称及符号	(275)

第一章 金属材料基础

由于金属材料具有多种优良性能，所以它在国民经济各个部门中都得到了广泛的应用。本章主要介绍金属材料的特征、物理化学性能、机械性能及组织结构等内容。

第一节 概 述

金属材料，如钢板、线材、角钢、钢管、电解铜及铝材等，大家都是非常熟悉的。但什么是金属与金属材料，它们有哪些基本特征以及金属材料又是怎样分类的呢？

一、金属的基本特征

与非金属比，金属具有以下几个基本特征。

(一) 除汞（俗称水银，化学元素符号Hg）以外，所有金属在常温（20℃）时，都是晶体物质，它们的原子排列是有一定规则的，如金、银、铜、铝、生铁和钢材等。

(二) 金属都具有特定的光泽。这种光泽称为金属光泽。如银是白色的，纯钢是紫红色的，而黄钢则是金黄色的等。

(三) 除锗（化学元素符号Ge）外，固体金属的电阻随温度的提高而增大。这一特性称为“正的温度电阻系数”。而非金属具有负的温度电阻系数，即随着温度的提高，其电阻反而降低（即电流增大）。这就是用橡胶制成的电工用劳保防护套在高温时容易被电流击穿的原因。

(四) 金属具有良好的导电性和传热性。所以输电线或炊事器具与散热器等都是用金属制造的。

(五) 金属材料还具有良好的机械性能和加工性能。如

钢丝绳可以吊起重物，钢轨能承受火车的重量，以及各种金属还可以按需要轧成板、管、棒或进行切削加工等。

二、金属与金属材料的定义

金属与金属材料是两个不同而又互相关连的概念。在明确了金属材料的基本特征后，就不难理解它们的定义了。

(一) 金属

金属是指在常温下具有正的温度电阻系数、具有良好的导电性、传热性、机械性能和加工性能，并具有特定光泽的晶体物质。如金、银、铜、铁、锡等，它们具有上述特征，但没有一定的形状、尺寸等概念。

(二) 金属材料

金属材料是金属经过各种加工处理而成的，具有一定截面形状及几何尺寸的材料总称。如4号角钢、6.5毫米线材等，它们不但具有金属的基本特征，而且还具有一定的截面形状与几何尺寸。象4号角钢的截面形状是直角形的，尺寸为40×40毫米；而6.5毫米线材的截面形状是圆形的，直径为6.5毫米等等。

三、金属材料的分类

总的说来，金属材料可按以下几种情况分类。

(一) 根据纯度分类

根据纯度不同，金属材料可以分为纯金属和合金两类。

纯金属是指由一种金属元素组成的物质。如纯铜、纯铝、纯镍等。但世界上绝对纯的金属是极少的，实际应用的金属材料都是含有一定量的其它元素。如工业用的高纯铝，其含铝量为99.99%左右；一号纯铜的含铜量为99.95%左右，其余为杂质元素。而在大多数情况下，金属材料都是以“合金”的形态广泛应用于各个领域。

合金是指由两种或两种以上元素组成的，并且具有金属特征的物质。如黄铜主要是铜与锌的合金；钢主要是铁与碳的合金等。它们的组成都不只一种元素，而且它们都具有金属的基本特征。

（二）按色泽分类

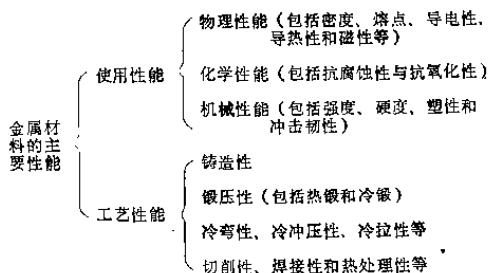
通常人们按不同的色泽把金属材料分为黑色金属和有色金属两类。

黑色金属是指铁、锰、铬或以这些元素为基本组成的合金。如钢与生铁的基本组成都是铁，锰铁、铬铁的基本组成是铁和锰或铬，所以它们属于黑色金属。

有色金属是指除黑色金属以外的所有金属元素（包括硅、硒、碲、砷、硼半金属元素）和以这些元素为基本组成的合金。如铜、铅、锡、锌及其合金。如铜合金和铝合金等都是有色合金。

第二节 金属材料的主要性能

金属材料的性能可以分为使用性能和工艺性能两大类：



金属材料的使用性能是指金属材料在正常工作条件下所

应该具有的性能。如钢丝绳在吊货物时，不仅不能变形，更不能发生破断。

金属材料的使用性能通常又分为物理性能、化学性能和机械性能三种。

金属材料的工艺性能是指金属材料在承受各种冷热加工时所应具有的性能。如钢材在轧制时，不但能改变其形状和尺寸，而且又不发生开裂。

金属材料的工艺性能包括铸造性、锻压性、切削性、冷拉性、冷弯性、冷冲压性、焊接性和热处理性能等。

一、金属材料的物理性能

金属材料的物理性能是金属材料不受外界条件影响的固有性能。它所涉及的范围很广，这里主要叙述密度(含比重)、熔点、导电性、导热性和磁性五个方面。

(一) 密度(含比重)

金属材料的密度，是指其单位体积的质量。其符号为 P ，计算公式与单位如下：

$$P = \frac{m}{V} \quad \text{千克/米}^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

公式中的 m 为质量，单位：千克(Kg)， V 为体积，单位：米³(m³)。

金属材料的比重，是指与4℃时同体积水的重量之比。它应该是一个无单位量。但习惯上，又把金属材料单位体积的重量作为比重。

金属材料比重的符号为 d ，计算公式与单位如下：

$$d = \frac{G}{V} \quad \text{克/厘米}^3 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

公式中的 G 为重量，单位：克(g)， V 为体积，单位：

厘米³ (cm³) 。

应当指出，在国际物理量中，没有比重的概念，只是习惯用法而已。

表1—1列举了几种主要金属(材料)的密度和比重数值。

表1—1 几种主要金属(材料)的密度(含比重)

* 金属	密度	比重	金属	密度	比重
铍 Be	1840	1.84	银 Ag	10490	10.49
镁 Mg	1740	1.74	镉 Cd	8650	8.65
铝 Al	2700	2.70	锡 Sn	7300	7.30
硅 Si	2330	2.33	铋 Sb	6680	6.68
钛 Ti	4510	4.51	钨 W	19300	19.30
钒 V	6100	6.10	金 Au	19320	19.32
铬 Cr	7190	7.19	汞 Hg	13550	13.55
锰 Mn	7430	7.43	铅 Pb	11340	11.34
铁 Fe	7870	7.87	铋 Bi	9800	9.80
钴 Co	8900	8.90			
镍 Ni	8900	8.90	碳素钢	7810~7850	7.81~7.85
铜 Cu	8960	8.96	黄铜	8500~8850	8.50~8.85
锌 Zn	7130	7.13	青铜	7500~8900	7.50~8.90
锗 Ge	5320	5.32	铝合金	2250~2840	2.25~2.84
铌 Nb	8570	8.57	镁合金	1750~1850	1.75~1.85
钼 Mo	10220	10.22			

金属材料的密度(或比重)，对于减轻零件或设备的自重、节约燃料或动力，以及提高运行速度具有十分重要的意义。例如：飞机在空中飞行，为了提高其装载能力和飞行速度、减少燃料的消耗，就必须设法减轻飞机自身重量，所以常常采用密度(或比重)小且强度高的材料来制造。

从表1—1中可以看出，钛的密度比铁小得多(只有铁的57%)，因此在航空或宇航飞行器中广泛应用钛合金，就是这个道理。

(二) 熔点

不同的金属在加热时，由固态转变为液态时的温度也是不同的。例如：铝在加热到660.1℃时就转变为液态，而钨则要加热到3380℃以上才转变成液体。

所以，金属材料的熔点就是指其由固态转变为液态时的温度。

金属材料熔点的符号为 $T_{\text{熔}}$ ，单位：℃。

表1—2列举了几种主要金属的熔点。

表1—2 几种主要金属的熔点

金 属	熔 点	金 属	熔 点
铍 Be	1283	锌 Zn	419.5
镁 Mg	650	铌 Nb	2468
铝 Al	660.1	钼 Mo	2625
硅 Si	1412	银 Ag	960.8
钛 Ti	1677	锡 Sn	231.91
钒 V	1910	铋 Sb	630.5
铬 Cr	1903	钨 W	3380
锰 Mn	1244	金 Au	1063
铁 Fe	1538	汞 Hg	-38.87
钴 Co	1492	铅 Pb	327.3
镍 Ni	1453	铊 Bi	271.2
铜 Cu	1083	锗 Ge	958

金属材料的熔点是配制合金或选用材料的重要依据之一。例如：用于保护电器设备的熔断丝（俗称保险丝）、高压锅的防爆阀或灭火消防设备上的自动启开阀等，就是采用熔点低的金属配制而成的，而灯丝或各种电热器中的发热元件及高温合金等，则选用如钨、钼等熔点高的金属生产的。

(三) 导电性

所谓导电性，就是指物体传导电流的能力。

大家知道，所有输电线都是用铜或铝等金属制成的，这是因为，与非金属比较，金属内部存在着大量的、并能在金属内部自由运动的电子。一旦在金属两端加上一个电场，这些自由电子就移向正极，这样在金属内部便产生了电流，所以金属的导电能力比非金属强。

根据物质导电能力的不同，可以分为导体和非导体两类。金属属于导体。但不同的金属，导电能力并不一致。大部分金属属于良导体，其中银的导电能力最强、铜次之、金居三、铝为四。

衡量金属材料导电性好坏的指标是电阻率（又叫比电阻或电阻系数）或电导率（又叫导电系数）。而通常是用电阻率来衡量材料导电能力大小的。

所谓电阻率，在含义上与电导率相反，它表示材料对电流通过的阻当程度。

电阻率的符号为 ρ ，单位：欧·米（或 $\Omega \cdot m$ ）。电导率的符号为 r 。

电阻率与电导率存在着互为倒数关系，即：

$$\rho = \frac{1}{r} \quad \text{欧} \cdot \text{米} \quad (\text{或} \Omega \cdot m)$$

不同材料的电阻率也是不同的，电阻率大的材料，导电性差。反之则导电性好。

表1—3列举了几种主要金属的电阻率数值。

相比之下，非金属材料的导电性就差得多。例如：碳的电阻率为 1375×10^4 欧·米（ 0°C ），硫的电阻率为 2×10^{25} 欧·米（ 20°C ）。

由于金属材料的导电性好，所以除了上面提到的输电线外，还有象电机、电器仪表、电子设备、通讯器材、家用电

表1-3

几种主要金属的电阻率 ($\times 10^{-4}$)

金 属	电 阻 率	金 属	电 阻 率
铍 Be	6.6	铋 Sb	39
镁 Mg	4.47	钨 W	5.1
铝 Al	2.66	金 Au	2.07
硅 Si	10.0	汞 Hg	94.07
钛 Ti	42.1	铅 Pb	18.8
钒 V	24.8~26.0	铋 Bi	106.8
铬 Cr	12.9	锌 Zn	5.75
锰 Mn	185▲	铌 Nb	13.1~15.22
铁 Fe	9.7	钼 Mo	5.17
钴 Co	5.06	银 Ag	1.5
镍 Ni	6.84	镉 Cd	7.51
铜 Cu	1.67~1.68▲	锡 Sn	11.5

注：凡有“▲”者，测试温度为20℃，其余均为0℃。

器中许多导电零件，都是由金属材料制造的，以减少电能损耗及保证信号的输送。

(四) 导热性

导热性是指物体传导热量的能力。严格地说，衡量材料传导热量能力大小的指标有传热系数与导热系数两个物理量。

导热系数的符号为 λ (或 k)，单位：卡/(厘米·秒·℃)或 $\text{Cal}/(\text{Ccm} \cdot \text{S} \cdot ^\circ\text{C})$ ；传热系数的符号是 k ，单位：卡/(厘米²·秒·℃)或 $\text{Cal}/(\text{Cm}^2 \cdot \text{S} \cdot ^\circ\text{C})$ 。它们的物理意义分别是物体在单位时间内每升高1℃，在单位长度(厘米)或单位面积(厘米²)上能传递多少卡的热量。

必须指出：导热系数的国际单位代号为 $W/(m \cdot k)$ ，中文代号为瓦/(米·开)；传热系数的国际单位代号为 $W/(m^2 \cdot k)$ 中文代号为瓦/(米²·开)。其中“ W ”或“瓦”

注：1卡(厘米·秒·℃) = 4.1868×10^{-3} 瓦/(米·开)。

表示瓦特，“ k ”或“开”表示绝对温度(也可用摄氏温度 $^{\circ}\text{C}$)。目前，上述两种单位制可互相通用。

表 1—4 是几种主要金属的导热系数。

表1—4 几种主要金属的导热系数

金 属	导热系数	金 属	导热系数
铍 Be	0.35	锌 Zn	0.27
镁 Mg	0.367	锗 Ge	0.14
铝 Al	0.53	铌 Nb	0.13
硅 Si	0.20	钼 Mo	0.34
钛 Ti	0.036	银 Ag	1.0
钒 V	0.074	镉 Cd	0.22
铬 Cr	0.16	锡 Sn	0.15
铁 Fe	0.18	钨 W	0.397
钴 Co	0.165	金 Au	0.71
镍 Ni	0.22	汞 Hg	0.0196
铜 Cu	0.94	铅 Pb	0.083
铋 Sb	0.045	铋 Bi	0.020

金属材料的导热性好坏，常被用作金属材料加工时确定加热制度和冷却工艺的依据。因为导热性差的金属材料，在加热或冷却时，其内部与表面之间温差大，所以就不能快速加热或快速冷却，以防止因内表温差太大而影响金属材料的加工性能。

由于金属材料不但具有良好的导热性，而且散热性也好，因此，炊事器具、取暖器以及各种设备中的散热元件都是用金属材料制成的。而非金属材料，其导热性和散热性都比较差，象石棉等，常用作蒸汽、石油等输送管道的包裹材料，以减少热量损失。

(五) 磁性

我们发现，用磁铁可以把铁钉吸住，而且时间一长，该

铁钉又可吸起比它更小的钢针。这是因为某些物体能被外磁场吸引并磁化，即显示出磁效应。

因此可知，物体的磁性，就是指物体能被外磁场吸引及磁化，或者能吸引别的物体的能力。

所谓磁化，即指物体在外磁场作用下，其原子中最外层的单个电子（小磁体）按一定规则排列的现象（或效应）。

根据磁性强弱不同，可以把金属材料分为铁磁性物质、顺磁性物质和逆磁性物质三种。

1、铁磁性物质

铁磁性物质是指它们在外磁场作用下，能强烈地显示出磁效应的物质。如铁、镍、钴以及它们的合金，在外磁场作用下，显示出强烈的磁性。

2、顺磁性物质

顺磁性物质又叫弱磁性物质。是指它们在外磁场作用下，只能轻微地被磁化的物质。如锰、铝、铬、钨、钼、钒、镁及它们的合金等。在外磁场作用下，表现出微弱的磁性。

3、逆磁性物质

逆磁性物质又叫抗磁性或无磁性物质。它们是能抵抗或削弱外磁场作用的物质。如铜、铅、锌、锡、钛、金、银、汞以及它们的合金等。不受外磁场影响，始终保持无磁特性。

在上述三种不同磁性的物质中，用得最多的是铁磁性物质。同时，按照使用时对磁性的要求不同，又可把铁磁性物质分为硬磁材料和软磁材料两类。

硬磁材料的特点是，当外磁场去除后，仍剩留很高的磁性，而且退磁比较困难。如用来生产永久磁铁的铝镍钴铁型合金、高铬钢、高磁铜等都具有硬磁特性。可以制造扬声器、电表及其它仪表中的永磁元件。

软磁材料的特点是，当外磁场去除后，只有很小的残余磁性，而且消磁也容易。同时，在反复磁化或消磁过程中，电能损耗也很少。如电工硅钢就是具有这种特性，常被用来制造变压器、电机和测量仪表中的铁芯。

磁性的应用，不但广泛，而且历史悠久。最早被用于指南针或导航罗盘。如今，已广泛应用到各种电机、仪表、电磁吊车和家用电器中。而对于各种仪表的外壳，则采用铜类逆磁材料，以保证内部磁性元件的电磁作用。

二、金属材料的化学性能

人们发现，金属材料与外部介质接触时，往往会发生被侵蚀而破坏的现象。如钢铁材料在大气中生锈，船体或甲被受海水的锈蚀，化工厂的某些设备受酸、碱、盐的腐蚀，以及金属在加热时表面会有氧化皮剥落等。所以，金属材料的化学性能是指金属材料在外部介质作用下所表现出来的性能。

由于金属材料的被侵蚀现象，只有当材料与外部介质接触并发生化学作用时才表现出来。因此，为了提高金属材料或由其制造的机器设备及零件的使用寿命，就要求金属材料具有抵抗外部介质侵蚀的能力，即具有良好的化学性能。

（一）金属材料的侵蚀及其类型

所谓金属材料的侵蚀，就是指金属材料在外部介质作用下而发生破坏的一种现象。其主要类型有腐蚀（包括锈蚀与腐蚀）和氧化两类三种形式。

1、金属材料的腐蚀

金属材料的腐蚀，是指金属材料在电介质（可以导电的物质）作用下而被侵蚀的现象。它是金属材料破坏的主要形式，而且对机器设备或零件的危害性也最大。

不同性质的电介质，对金属材料的侵蚀程度和由侵蚀而