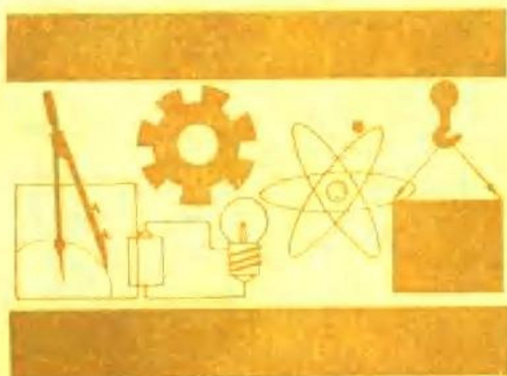


CHUJI

初级技术理论教育用书

金属材料



中国铁道出版社

Jishulilun jiaoyuyongshu

TG14

22

3

初级技术理论教育用书

金属材料

大连机车车辆工厂技工学校 刘永贵

太原铁路机械学校 何明新 编

郑州铁路机械学校 夏国贤

中国铁道出版社

1982年·北京

内 容 简 介

本书分两篇共九章，第一篇一至五章介绍金属材料的性能，碳素钢、合金钢、铸铁和有色金属的牌号表示方法、性能和用途；第二篇六至九章介绍金属和合金的内部组织，铁碳合金状态图，热处理的基本理论和方法。

本书除作为铁路技术工人初级技术理论教育的教材外，也可供技工学校和其它部门的工人参考。

初级技术理论教育用书

金属材料

刘永贵 何明新 夏国贤 编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 杨宾华 封面设计 刘景山

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：5.375 字数：122 千

1982年10月 第1版 1982年10月 第1次印刷

印数：0001—80,000册 定价：0.50 元

前 言

为了切实搞好全路青壮年职工文化、技术补课工作,按照铁道部颁布的《铁路技术工人初级技术理论教育教学计划》要求,编写了这本教材。经1982年4月南京会议研究确定,本书按60学时左右编写,对于学时数较少的工种,可结合工作特点适当地选讲需要的章节。

本书内容以金属材料为重点,围绕着铁路各部门所用机械的工作特点,讲述了不同种类的金属材料的化学成分、组织和性能及相互间的关系,以及热处理的基本方法,为正确选用金属材料提供初步基础。

在内容安排上是先介绍金属材料的性能及其与化学成分的关系,然后再介绍钢铁材料的不同组织和获得这些组织的热处理方法,从而建立起成分、组织和性能的关系。在文字叙述上,力求通俗易懂,适合于一般机械工人自学。为便于复习,每章后都附有小结和复习题,在书末附有参考书供深入学习时参考。

本书使用对象为具有初中毕业文化程度的机械类钳工、铆工、铸工、锻工、焊工、机床工、检车员、司机等工种,而对其它工种的工人也可作参考。

本书的编写分工是:第一、六、七章由大连机车车辆工厂技工学校刘永贵同志编写;第二、三、四、五章由太原铁路机械学校何明新同志编写;第八、九章由郑州铁路机械学校夏国贤同志编写,全书由何明新同志校阅。

由于编者的业务水平所限,兼之编写时间短促,书中难

免有缺点和不足之处，望各单位在使用过程中及时提出宝贵意见。

铁路职工初级技术理论教育用书编写组
一九八二年七月

目 录

前言	1
第一篇 金属材料	1
第一章 金属材料的性能	1
第一节 金属材料的物理性能和化学性能	1
第二节 金属材料的机械性能	5
第三节 金属材料的工艺性能	17
第二章 碳素钢	21
第一节 概述	21
第二节 碳素结构钢	24
第三节 碳素工具钢	33
第三章 合金钢	38
第一节 概述	38
第二节 合金结构钢	40
第三节 合金工具钢	47
第四节 特殊性能钢	51
第四章 铸铁	56
第一节 概述	56
第二节 灰口铸铁	58
第三节 可锻铸铁	61
第四节 球墨铸铁	61
第五节 钢铁的简易鉴别	63
第五章 有色金属及合金	73
第一节 铜及铜合金	73
第二节 铝及铝合金	77
第三节 轴承合金	81

第四节 硬质合金	84
第二篇 热处理基本知识及方法	88
第六章 金属的结构与结晶	88
第一节 纯金属的结构	88
第二节 纯金属的结晶	91
第三节 合金的结构	95
第七章 铁碳合金状态图	100
第一节 纯铁的同素异构转变	100
第二节 铁碳合金的基本组织	102
第三节 铁碳合金状态图	104
第八章 钢在加热与冷却时的组织转变	121
第一节 钢在加热时的组织转变	122
第二节 奥氏体冷却时的等温转变	124
第三节 奥氏体的连续冷却转变	131
第九章 热处理基本方法	136
第一节 钢的退火与正火	136
第二节 钢的淬火	142
第三节 钢的回火	150
第四节 钢的热处理常见缺陷	154
第五节 钢的其它热处理方法简介	157
第六节 典型零件所用材料及其热处理	160
参考书	166

第一篇 金属材料

随着我国铁路运输事业的不断发展，在机车车辆的制造中，铁路运输的各个部门所使用的金属材料的种类和数量愈来愈多，对金属材料性能的要求也愈来愈高。为适应形势的发展，要求机车车辆工人对金属材料的基本知识有个较清楚的了解，以便能够正确合理地选用材料。在本篇里较系统地介绍了碳素钢、合金钢、铸铁、有色金属及合金等的有关知识，可借以了解不同金属材料的成分、性能和使用范围。使用金属材料时，一方面要考虑零件的工作条件和要求；另一方面取决于金属材料的性能，所以首先介绍金属材料性能的基本知识。

第一章 金属材料的性能

金属材料的性能，一般分为两类：一类是使用性能，它反映金属材料在使用过程中所表现出来的特性；另一类是工艺性能，它反映金属材料在加工制造过程中的各种特性。使用性能又分为机械性能、物理性能和化学性能，它决定了金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命，而工艺性能则决定了金属材料制造零件时的难易程度。

第一节 金属材料的物理性能和化学性能

金属材料的物理性能，包括比重、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性。金属材料的化学性能，是指在化学介

质作用下表现出来的性能，如耐腐蚀性、抗氧化性。

一、比 重

物体单位体积的重量，称为比重，用 γ 表示。计算公式如下：

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \text{克/厘米}^3 \quad (1-1)$$

式中 G ——物体的重量，克；

V ——物体的体积，厘米³。

各种金属材料的比重不同。在相同体积下，比重愈大的金属材料，其重量也愈大。对于飞机、机车、汽车等交通工具，为了增加有效载重量和减少燃料消耗，在满足使用性能的条件下，应尽可能采用比重小的金属材料。例如，飞机的许多零部件，都是采用比重小、高强度的铝合金制造的。

根据比重的大小，可以将金属分为轻金属和重金属两类。凡比重小于“5”的金属，称为轻金属，比重大于“5”的金属，称为重金属。

几种常见金属材料的比重如表 1—1 所示。

常见金属材料的比重

表 1—1

名 称	比 重	名 称	比 重	名 称	比 重
镁	1.7	铜	8.89	白口铁	7.2~7.5
铝	2.7	银	10.5	钢	7.8~7.9
锌	7.19	铅	11.3	黄 铜	8.5~8.6
锡	7.3	金	19.3	青 铜	7.4~9.2
铁	7.85	铂	21.45	铝合金	2.55~3.00
镍	8.9	灰口铁	6.8~7.4	镁合金	1.75~1.85

二、熔 点

金属加热到一定温度时，会由固态转变为液态，开始转变的温度称为熔点。金属的这种性能称为可熔性。

各种金属材料的熔点不同。熔点低的金属，可以用来制做焊锡、保险丝、印刷铅字等；熔点高的金属，可以用来制做耐高温零件，如内燃机排气阀、电阻丝等。几种常见金属材料的熔点如表 1—2 所示。

常见金属材料的熔点

表 1—2

名 称	熔点 (°C)	名 称	熔点 (°C)	名 称	熔点 (°C)
钨	3400	镍	1455	锌	419
钼	2622	锰	1230	铅	327
钛	1800	铜	1083	锡	232
铬	1765	金	1063	铸 铁	~1200
钒	1900	铝	658	碳 钢	1450~1500
铁	1538	镁	627	青 铜	865~900

三、热 膨 胀 性

金属材料受热时温度升高，体积会增大；冷却时温度下降，体积会缩小。金属材料的这种性能称为热膨胀性。不同金属材料的热膨胀性不同。热膨胀性的大小，用线膨胀系数或体膨胀系数来表示。线膨胀系数的计算公式如下：

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \cdot t} \quad \text{厘米/厘米}^\circ\text{C} \quad (1-2)$$

式中 l_1 ——膨胀前的长度，厘米；

l_2 ——膨胀后的长度，厘米；

t ——升高的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

α ——线膨胀系数，厘米/厘米 $^{\circ}\text{C}$ 。

工业上经常利用金属的热膨胀性来装配组合件或拆卸组合件。如热压铜衬套，就是利用了铜套的热膨胀性。铜套加热孔径扩大时压入衬套，待冷却后，孔径收缩，使衬套在孔中紧固不动。钢轨间留有缝隙，就是为钢轨的热膨胀留有余地，以防止轨道畸变。热膨胀性对制造精密零件不利，因为温度的升高或降低，会使零件的尺寸和形状改变，造成误差。

四、导 热 性

金属传导热量的性能称为导热性。在加热金属时，常常需要考虑金属的导热性，例如合金元素含量较高的合金钢，其导热性比碳钢差，所以对合金钢加热时，其加热速度应比碳钢慢，以保证内外温度均匀一致。导热性好的金属，散热也好。在制造散热器、热交换器等零件时，就要选用导热性好的材料，例如汽车前部的冷却水箱，就是用铜制造的。

金属材料的导热性各有不同，设导热性最好的银的导热率为1，则铜的导热率为0.9，铝为0.5，铁为0.15，汞为0.02。

五、导 电 性

金属传导电流的性能称为导电性。导电性好的金属电阻小，导电性差的金属电阻大。在电气工程上，采用电阻小的铜或铝做为输电导体，以减少送电过程中的电能损失。采用电阻大的铁铬铝合金及镍铬合金做电热炉的电热元件，以产生更多的热量。

导电性最好的金属是银，其次是铜、铝。

六、磁 性

金属被磁铁磁化或吸引的性能，称为磁性。铁、钴、镍具有较高的磁性，称为铁磁性金属。

铁磁性金属当加热到某一温度时，就会失去磁性，该温度称为居里点。铁的居里点是 768°C ，镍的居里点是 360°C 。

磁性对电机、变压器和电器元件特别重要，例如制造永久磁铁、电机和变压器铁芯，就要用硬磁材料（钨钢、铬钢）或软磁材料（硅钢片或铁镍合金）。

七、耐 腐 蚀 性

金属材料在常温下抵抗各种介质（大气、蒸汽、酸、碱、盐等）腐蚀的能力，称为耐腐蚀性。如铝的耐腐蚀性较好，长期暴露在空气中，也不会因腐蚀而破坏；而铁则很差，很容易被腐蚀。在使用这些耐腐蚀性较差的金属时，常需要在表面进行喷漆、电镀等防护。

八、抗 氧 化 性

金属材料在高温下抵抗氧化的能力，称为抗氧化性或热安定性。如制造锅炉用的金属材料，不仅要求有良好的耐腐蚀性，还要求有良好的抗氧化性。

第二节 金属材料的机械性能

机械零件在使用过程中，都要受到不同形式的外力的作用，通常把这种外力称为载荷。金属材料抵抗载荷作用的能力，就称为金属材料的机械性能。

载荷根据其作用的性质，可分为静载荷、冲击载荷和交

变载荷等。

静载荷 是指大小不变或变动很慢的载荷。静载荷又可分为拉伸、压缩、扭转、剪切和弯曲数种。

冲击载荷 是指突然增加的载荷。

交变载荷 是指大小或方向作周期性变化的载荷。

金属材料受载荷作用后，所引起的形状和尺寸的改变，称为变形。金属材料在不同载荷作用下的变形情况，如图 1—1 所示。

变形有弹性变形和塑性变形两种形式。

弹性变形 金属材料在载荷作用下产生变形，载荷去除后，变形也消失，金属又恢复到原来形状和尺寸的变形。

塑性变形 金属材料在载荷作用下产生变形，载荷去除后，变形不能完全消失，金属不能恢复到原来的形状和尺寸的变形。

金属材料的机械性能，通常包括：强度、塑性、硬度、韧性和疲劳等。

一、强 度

金属材料的强度是指金属材料在载荷作用下，抵抗变形和破坏的能力，常以比例极限，屈服点，强度极限等指标来表示。为了便于比较各种金属材料的强度，常用金属材料抵抗变形和破坏时的应力来衡量。所谓应力，是指金属在载荷

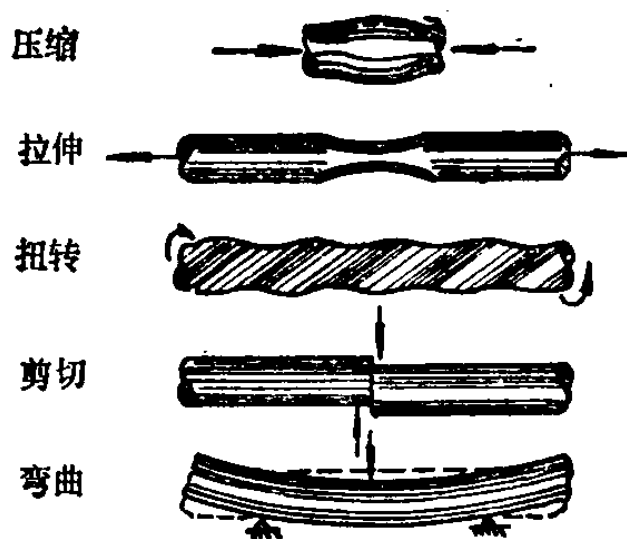


图 1—1 金属受载荷时变形的分类

作用下，单位面积上所产生的内力；而内力是在载荷作用下，金属内部所产生的抵抗力。计算公式如下：

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-3)$$

式中 σ ——应力，公斤/毫米²；

P ——载荷，公斤；

F ——横截面面积，毫米²。

【例】 设钢丝绳的横截面积为314平方毫米，受载荷6280公斤，求应力是多少？

【解】
$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{6280}{314} = 20 \text{ 公斤/毫米}^2$$

由计算可知，钢丝绳上所受的应力是20公斤/毫米²。

金属材料的强度可通过强度试验（拉伸、压缩、弯曲、疲劳等试验）求得。常以拉伸试验所测得的抗拉强度作为最基本的强度值。

拉伸试验就是将被测的金属，加工成一定尺寸的标准试样，放在拉伸试验机上，按规定标准加载，随着载荷的增加，试样产生伸长变形直至断裂。试样拉伸前、后的形状，如图1—2所示。

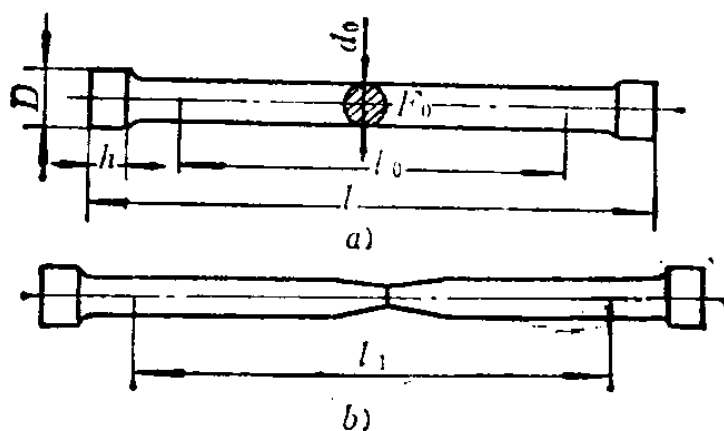


图1—2 钢的标准拉伸试样

a——拉伸前；b——拉伸后。

* 力的国际单位是牛顿（N），应力是帕斯卡（Pa），1公斤=9.8牛，
1公斤/毫米²=9.8牛/毫米²=9.8×10⁶帕。

拉伸试验所用的标准试样，分为长短两种，长试样 $L_0=10d_0$ ，短试样 $l_0=5d_0$ 。其中 l_0 为原始标定长度； d_0 为试样直径，通常为10毫米。

以纵坐标表示载荷的大小，横坐标表示试样的伸长量，可绘出载荷和伸长量的相应变化曲线，这一曲线图，称为拉伸曲线图。图 1—3 为低碳钢的拉伸曲线图。低碳钢在载荷作用下，将经过三个阶段而破坏：

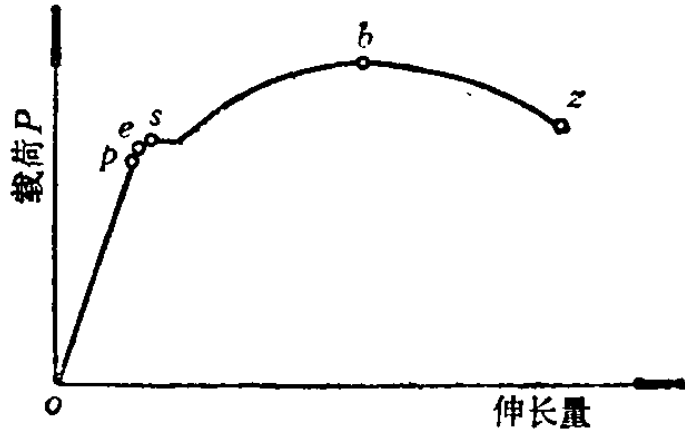


图 1—3 低碳钢的拉伸曲线图

ope 为弹性变形阶段。当作用在试样上的载荷小于 p_p 时，载荷与伸长量成正比关系，大于 p_p 而小于 p_s 时，试样的伸长不再与载荷成正比关系，但属于弹性变形。

esb 为弹性-塑性变形阶段。 s 点出现的水平线段，表示在载荷不变的情况下，试样继续在伸长，即金属丧失了抵抗塑性变形的能力，称为“屈服”。发生屈服现象后，要使金属继续变形，必须再增加载荷，这样，载荷继续增加，试样则均匀伸长。达到 b 点后，开始出现缩颈现象，变形则集中在缩颈处。

bz 为断裂阶段 由于缩颈出现后截面积剧烈减小，试样不足以抵抗载荷的作用，因此在 z 点处发生断裂。

通过拉伸曲线的分析得知，在拉伸曲线上有三个特性点：

p 点 所对应的载荷 p_p 是载荷与伸长量成正比关系的最大载荷；

s 点 所对应的载荷 p_s 是试样开始“屈服”时的载荷；

b 点 所对应的载荷 p_b 是试样所能承受的最大载荷。

(一) 比例极限

载荷与变形成正比关系时的最大应力，称为比例极限，用符号 σ_p 表示，计算公式如下：

$$\sigma_p = \frac{p_p}{F_0} \quad \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-4)$$

式中 p_p ——载荷与变形成正比关系时的最大载荷，公斤；
 F_0 ——拉伸前试样的截面积，毫米²。

(二) 屈服点（屈服极限）

在载荷不增加的情况下仍能产生明显塑性变形时的应力，称为屈服点，用 σ_s 表示。计算公式如下：

$$\sigma_s = \frac{p_s}{F_0} \quad \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-5)$$

式中 p_s ——产生明显塑性变形时的载荷，公斤；
 F_0 ——拉伸前试样的截面积，毫米²。

有许多金属材料，并没有明显的屈服现象发生，为表示这些材料的屈服点，规定以试样产生伸长量为试样原始标长度的 0.2 % 时的应力作为屈服点，称为屈服强度或条件屈服极限，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服点是选用材料时非常重要的机械性能指标。机械零件所受的应力，一般都应小于屈服点，否则就会产生明显的塑性变形。例如发动机气缸盖螺栓，所受到的载荷不应高于它的屈服点，否则会因螺栓变形使气缸盖松动、漏气。

(三) 抗拉强度（强度极限）

金属材料抵抗拉伸载荷作用而不致破坏的最大应力，称为抗拉强度，用 σ_b 表示。计算公式如下：

$$\sigma_b = \frac{p_b}{F_0} \quad \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-6)$$

式中 p_b ——试样破坏前所能承受的最大载荷，公斤，

F_0 ——拉伸前试样的截面积，毫米²。

二、塑 性

金属材料在载荷作用下，产生显著的变形而不致破坏，并在载荷取消后，仍能保持变形后的形状的能力，称为塑性。例如铜、铝、锡、铅等金属的塑性良好，可拉制成线，轧制成板等。塑性可通过拉伸试验的方法测得，而以伸长率和断面收缩率等指标表示。

(一) 伸长率（延伸率）

伸长率是试样拉断后，标定长度的伸长量与原始标定长度之比值的百分数，用 δ 表示。计算公式如下：

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 l_0 ——试样的原始标定长度，毫米，

l_1 ——试样拉断后的标定长度，毫米。

伸长率与试样尺寸有关，同一种金属材料用不同尺寸的试样，所测得的伸长率数值不同。为便于比较，用短试样（ $l=5d_0$ ）所测的伸长率用“ δ_5 ”表示，长试样（ $l=10d_0$ ）用 δ_{10} 或 δ 表示。

(二) 断面收缩率

断面收缩率是试样断口面积的缩减量与原截面积之比值的百分数，用 ψ 表示。计算公式如下：

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 F_0 ——拉伸前试样的截面积，毫米²，

F_1 ——试样拉断后细颈处最小截面积，毫米²。

伸长率和断面收缩率的数值愈大，表示金属材料的塑性