

铁 路 基 础 施 工 技 术 丛 书

金 属 材 料

铁道部第二工程局

“七·二一”大学第二材料厂分校编



004186

TIE LU JI JIAN SHI GONG JI SHU CONG SHU

人 民 铁 道 出 版 社

内 容 简 介

本书为《铁路基建施工技术丛书》中的一种，主要是从物资管理人员的实际需要出发，根据有关规定和标准，结合多年铁路新线施工现场物资供应管理的工作经验，比较全面地介绍了铁路施工所需金属材料的性能、用途和保管方法，内容比较丰富，文字通俗易懂，可作为“七·二一”大学教学用书，亦可供施工人员和物资管理工作人员学习和参考。

004186

铁路基建施工技术丛书

金 属 材 料

铁道部第二工程局

“七·二一”大学第二材料厂分校编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：11.5 字数：262 千

1978年10月第1版 1978年10月第1次印刷

统一书号：15043·6128 定价：0.92 元

目 录

前 言

第一章 金属材料性能	3
第一节 金属材料的分类	3
第二节 金属的物理化学性能	3
第三节 金属的机械性能	9
第四节 金属的工艺性能	25
第二章 钢铁的组织结构及铁碳合金状态图	27
第一节 钢铁的组织结构	27
第二节 铁碳合金状态图	31
第三节 加热和冷却时钢的组织转变	34
第三章 钢的热处理及加工硬化	38
第一节 钢的热处理	38
第二节 钢的淬透性	44
第三节 钢的化学热处理	48
第四节 加工硬化	50
第四章 黑色金属——生铁与铸铁	52
第一节 生铁	52
第二节 铸铁	57
第三节 合金生铁	63
第四节 各类生铁的验收保管	65
第五节 合金铸铁	67
第五章 碳素钢	72
第一节 钢与铁的区别及碳杂质对钢性能的影响	72

第二节 碳钢的分类与应用	75
第六章 合金钢	97
第一节 合金元素对钢性能的影响	97
第二节 合金钢的牌号表示方法	99
第三节 合金钢的种类及用途	100
第七章 特殊性能钢	124
第一节 不锈钢	124
第二节 耐热钢	126
第三节 抗磨钢	127
第四节 电工用硅钢	128
第八章 硬质合金	131
第一节 硬质合金的分类	131
第二节 硬质合金刀片	133
第三节 矿山、地质类硬质合金	138
第四节 硬质合金的验收保管	138
第九章 常用钢材及钢铁制品	140
第一节 钢材的压力加工	140
第二节 型钢	144
第三节 钢板	161
第四节 钢管	164
第五节 管件	178
第六节 阀门	183
第七节 铸铁管及管件	191
第八节 钢丝	196
第九节 钢筋	205
第十节 钢丝绳	211
第十一节 螺栓、螺母、垫圈	217
第十二节 开口销	225

第十三节 建筑用钉	227
第十章 钢轨及配件	234
第一节 钢轨(重轨)	234
第二节 钢轨联结部分的配件	243
第三节 道岔	249
第四节 轻轨	251
第十一章 有色金属概述	253
第一节 铜	254
第二节 锡	259
第三节 铅	261
第四节 锌	264
第五节 铋	266
第六节 铝	268
第七节 镁	271
第十二章 有色金属合金	272
第一节 铜合金	272
第二节 铝合金	278
第三节 轴承合金	284
第四节 易熔合金	288
第五节 有色金属的保管及废铜的鉴别	289
第十三章 焊接材料	291
第一节 电焊条	292
第二节 气焊条	309
第三节 钎焊料及熔剂	313
第四节 焊条的检验方法	318
第五节 焊条受潮后的处理和储存条件	319
第十四章 钢铁的火花鉴别法概述	320
第一节 火花的主要名称	320

第二节	火花形成原理及试验设备和方法	323
第三节	各种合金元素对火花的影响	324
第四节	常用钢的火花特征	325
第十五章	金属的腐蚀和防止	330
第一节	金属锈蚀的原因	330
第二节	金属腐蚀的防止	332
第三节	保管中防锈的几点措施	334
第四节	防锈涂料的选择	335
第十六章	废钢铁	337
附录		
1.	产品的名称和符号	339
2.	常用线规号码与英寸、毫米对照表	340
3.	钢材的涂色标记	342
4.	钢铁产品牌号表示方法	344
5.	有色金属及其合金的牌号表示方法	347
6.	中国与其它国家常用钢号对照表	350
7.	常用工具使用的钢号	355
8.	常用农具和民用刀具、刃钢钢种及废钢 件的利用	360
9.	常用钢种的化学成分、热处理制度、 机械性能及用途	362

前 言

金属材料，特别是钢铁，是一切现代工业的物质基础，它与国家的经济建设和国防建设有着极密切的关系。

在国民经济各部门中，无论工厂、矿山、交通运输、水力、电力、电讯以及工农业方面的机械设备，都需用大量的钢铁，如机械工业的产品90%以上是金属制品，而在铁路运输中，一台机车的制造，99%的材料用的是金属，铺设一公里43公斤/米钢轨的铁路，连同配件，就需钢材124吨左右。在铁路工程中所需的基建材料不仅品种繁多，而且规格复杂，需要量也大。至于各工厂里的机械设备、各种工具，以及遍及全国各城市、农村的电力、电讯、照明装置，无不需用大量的金属材料，可见，金属材料的数量和质量，直接关系到我国工农业的发展。

解放后，在毛主席革命路线指引下，我国钢铁工业有了较大的发展，并逐步研究出很多性能良好的新金属材料，改进了工艺水平，提高了材料质量，还初步建立了自己的合金钢系统，为发展我国的工、农业和国防建设，为实现四个现代化的宏伟目标，提供了有利的物质条件。

随着国家建设的需要，对于从事国家物资管理人员来说，除应保护国家物资、节约用材、杜绝浪费、大力开展废钢铁的回收管理外，还应当努力学习掌握一定的科学技术知识，提高物资管理水平，以便做好物资供应工作。

为了介绍金属材料的有关知识，谨根据铁道部第二工程局“七·二一”大学的教材，加以修订，编成本书，供有关

同志参考。限于作者水平，书中缺点错误在所难免，请批评指正。

第一章 金属材料的性能

第一节 金属材料的分类

金属大致可分为两大类，即黑色金属和有色金属。黑色金属通常指钢和生铁，有色金属包括其他各种金属及其合金。金属材料的分类方法很多，可按冶炼方法、化学成分、金相组织、质量要求和用途的不同等进行分类。比较常用的是按化学成分和用途分类，见表1—1及表1—2。

第二节 金属的物理化学性能

金属的物理性能，是指金属的比重、可熔性、热膨胀性、导热导电性、磁性等物理特征。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

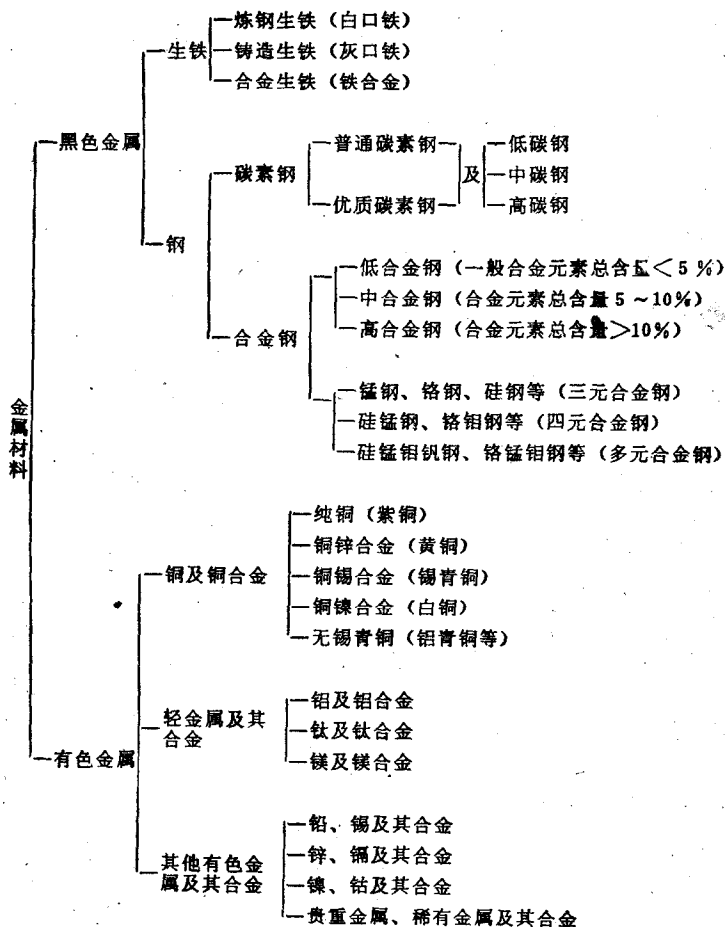
每一单位体积（厘米³）的物质的重量（克），叫做该物质的比重，其单位为克/厘米³。因此，如知道材料的体积和组成该材料的物质的比重，其乘积即为该材料的重量；或将材料的重量除以体积，即可求得组成该材料的物质的比重。不同的金属及合金，其比重一般是各不相同的（见表1—3），根据比重大小可以帮助我们鉴别材质。

二、可熔性

金属在常温时是固体（水银除外），当温度升高到一定程度时，金属即能熔化成为液体，这种性质叫做可熔性。已经熔化的金属当温度降低到一定温度时，又可以凝成固体。

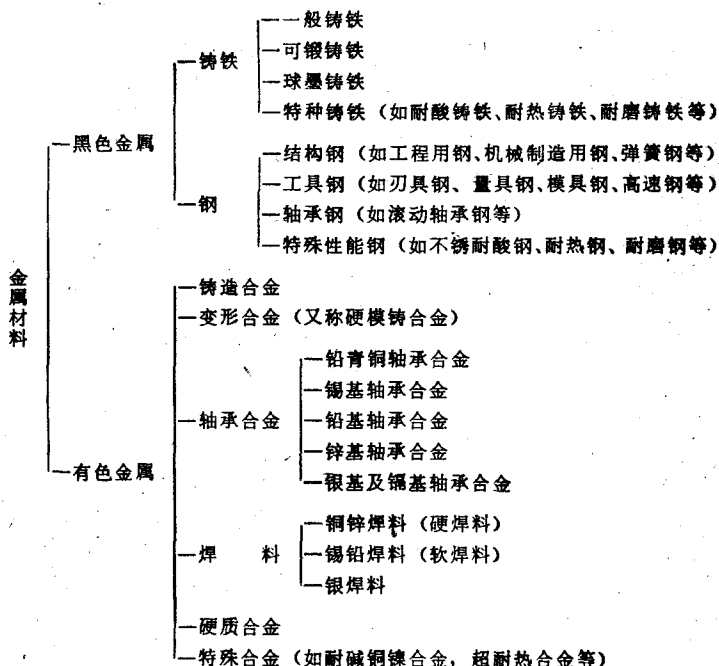
金属材料按化学成分分类

表 1—1



金属材料按用途分类

表 1—2



金属开始熔化的温度，叫做熔熔点（简称熔点）；开始凝固的温度，叫做凝固点（简称凝固点）。

金属（或合金）在什么温度熔化是很重要的一种性质，我们有时候要不易熔化的合金（如高温电炉的电热线），有时候要用极易熔化的合金（如焊锡和浇铸铅字的合金），所以在选择的时候，必须要知道合金的熔化温度。

常见金属及合金的熔点可参见表 1—3。

金属及合金的物理性质

表 1—3

金 属	比 重 (克/厘米 ³)	线膨胀系数 ($\alpha \cdot 10^{-6}$)	熔 点 (°C)	导电率 $\rho \cdot (\%)$	导 热 系 数 (卡/厘米·秒·°C)	色彩
铝	2.69	23.03	660	0.0250	0.461	锡白
铍	1.86	—	1278 ± 5	0.0550	0.393	
铋	9.80	13.3	271	1.201	0.0177	白
钨	19.10	4.0	3387 ± 60	0.0491	0.383	钢灰
镉	8.64	29.8	320.9	0.0776	0.2200	
硅	2.33	2.70	1414	—	0.20	
镁	1.74	25.60	650	0.0422	0.376	银白
锰(α)	7.30	23.0	1260	0.044	—	白灰
铜(软) 铜(硬)	8.93	16.6	1083	0.0156	0.910	红
钼	10.20	4.0	2692	0.0503	—	银
镍	8.85	12.8	1455	0.1175	0.142	白
锡	7.284	20.0	231.9	0.1114	0.1528	银白
铅	11.34	29.1	327.4	0.2038	0.089	苍灰
银	10.506	18.9	960.5	0.0147	1.0960	白
铟	6.69	11.4	630.5	0.028	0.0381	银白
铊	16.60	7.0	3027	0.14	0.174	
钛	4.50	—	1800 ~ 1850	0.475	—	暗灰
铬	7.10	8.2	1765	0.150	—	灰白
锌	7.12	33.0	419.4	0.0576	0.2653	苍白
铁	7.85	16.0	1530	0.0978	0.1387	灰白
灰铸铁	7.2	10.8	1275	—	—	—
白铸铁	7.5	10.5	1135	—	—	—
铸钢	7.85	12.6	1425	—	—	—

续上表

金 属	比 重 (克/厘米 ³)	线膨胀系数 ($\alpha \cdot 10^{-6}$)	熔 点 (°C)	导电率 $\rho \cdot (\%)$	导 热 系 数 (卡/厘米·秒·°C)	色彩
构造铜	7.85	12.0	1475	—	—	—
黄铜	8.63	18.9	945	0.07~ 0.08	—	—
青铜	8.62	17.5	995	0.021~ 0.4	—	—

三、热膨胀性

金属在加热时膨胀的能力叫热膨胀性。一般物质温度上升就膨胀，温度下降就收缩，当上升下降温度相等时，它的胀缩量也相等。但在胀缩变形受到约束时，就在材料内部产生应力。正因为这样，在制造机器时，要充分考虑由于温度的升降所产生的应力的影响。

金属受热膨胀的程度，是用线膨胀系数来表示。某金属材料每当温度上升 1°C 时，伸长的长度与原来长度的比值，叫做该金属材料的线膨胀系数。常见金属的线膨胀系数如表1—3所列。从表中线膨胀系数的数值来看是相当微小，在一般的情况下可以忽略。但是必须注意到，在大型制件中，当温度变化很大时，膨胀的结果能够很明显地表现出来。例如，铜棒的线膨胀系数是0.000017，在 0°C 时，铜棒的长度是2米，当加热到 100°C 的时候，其长度将增加

$$0.000017 \times 2000 \times 100 = 3.4 \text{ 毫米。}$$

在计算制件体积膨胀的时候，必须注意，体膨胀系数等于线膨胀系数的三倍。

四、导热导电性

物质的导热能力用导热率（或导热系数）表示。工业上用的导热率是以厚1厘米的材料，两面温度差为 1°C ，在1秒钟内，每平方厘米向一方面传导的热量（卡）来表示，计

量单位为卡/厘米·秒·°C。

物质的导电能力用导电率表示，工业上为了易于了解，用银作标准，定它的导电率为100%，其他金属或合金则与银相比，所得的百分数作为导电率。

凡金属都是电和热的良导体，银最好，铜、金次之，工业上因银的价值较贵，多用铜，如烙铁和电线很多都是用铜制成的。为节约用铜，导电材料现多改用铝。

金属中混有杂质越多，则导热导电能力越差。

五、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（称可磁性金属），是制造电机和通讯器材中所不可缺少的材料。磁性材料可区分为两类：

1. 暂磁材料：这种材料只有在通过电流的线卷磁场中才能被磁化而带磁性，导磁率非常高，主要有硅钢片等，多用于大发电机、电动机、变压器、电工仪器、通讯器材等电器工程方面。

2. 永磁材料：这种材料，在磁化后能长期保存着很强的磁性，如磁石钢（铝、镍、钴、铁的合金）等，在电话、电工仪器、扩音器等方面应用很多。

六、耐腐蚀性和抗氧化性

金属中除了少数（金、银、铂）以外，都在空气、湿气作用下起化学变化，如铁生锈、铜发绿、铝失去光泽，这叫做金属的腐蚀。

金属的加热，将使金属起氧化作用。有些金属用来制造蒸汽锅炉管子、受摩擦发热的机械零件，以及热压的冲模等，都要求在高温条件下保持本身结构的完整，在荷载作用下不软化、不变形，这就要求有耐高温、抗氧化能力的金属材料品种。

现代工业中在很多情况下金属要和酸碱接触。酸和碱与金属要起不同的化学作用，因此要求有耐酸碱能力的金属材料品种。

第三节 金属的机械性能

金属的机械性能亦称力学性能，是指金属在受外力作用下引起内力与变形的关系。外力根据作用力的方向不同，分为：

1. 压力，为金属材料承受两个相对方向的力。承受这种力的情况很普遍，例如各种基础和线路上的枕木等。

2. 拉力，为金属材料承受两个相反方向的力。承受这种力的情况最为广泛，例如吊机上的钢丝绳等。

3. 剪力，为金属材料承受两个相反方向的外力作用于相连接的两个面，使这两个连接面向相反方向移动。承受这种力最明显的是铆钉、螺栓、销子等连接零件。

除了上面三种基本外力以外，还有扭力、弯力等，这些叫做混合力，即不是单纯的一种外力。

根据外力的持续性，有些是持久的，但是静止的，例如柱子受屋架的压力，这叫做静载荷；有些是短暂的，但是活动的，叫做动载荷。动载荷带有冲击力，例如列车通过桥梁所起的冲击载荷，因此桥梁钢板要求有冲击韧性这样的规格。

金属材料在受到各种各样的外力作用时，材料本身产生抵抗，发生内部变化的内力，也叫应力。金属材料的机械性能就是材料因受外力作用引起内力与变形的关系，这些关系用强度、弹性、塑性、冲击韧性、脆性和硬度表示。

一、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。金属材料的强度是一项很重要的指标，凡应用于各项结

构的材料必须有充分的强度，方能防止因局部的破坏，影响整个结构的安全。

强度一般分为两种，对于塑性材料（如钢类）多测量其抗拉强度；对于脆性材料（如铸铁类）多测量其抗压强度。这里我们结合最常用的钢主要来介绍一下抗拉强度。（其它金属亦同。）

以钢来说，抗拉强度是指钢在拉伸载荷作用下，抵抗变形和断裂的能力。一般常用屈服强度和抗拉强度两个指标来表示，其单位是公斤/毫米²。

（一）屈服强度（屈服点）：用 σ_s 表示。它表明钢在拉伸静载荷作用下，开始发生塑性变形时，单位面积上所能承受的拉力。这个指标表示了钢抵抗塑性变形的能力。

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，工程上规定，产生永久残余塑性变形等于一定值（0.1~0.5%，通常为0.2%）时的应力称为条件屈服强度，常用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服强度是金属材料很重要的指标，在使用金属材料时要考虑到它的屈服强度，这才能使金属材料的能力既能充分发挥，同时又不会使结构变形或破坏。例如设计汽车、拖拉机气缸盖螺栓时就是以屈服强度为依据的。为了保证气缸体与缸盖的密封性，螺栓是不允许出现塑性变形的。因此一切结构在工作时所受外力使其产生的应力决不能大于材料本身的屈服强度。

（二）抗拉强度（或称强度极限）：用 σ_b 表示。抗拉强度是指钢在拉伸静载荷作用下，拉断之前，单位截面面积所能承受的最大拉力。这个指标表示了钢抵抗断裂的能力。例如：一根断面为5×12毫米的扁钢，两端施加拉力，当拉力逐渐增大到2400公斤后，扁钢被拉断，则扁钢的抗拉强度

σ_b 为:

$$2400 \div (5 \times 12) = 40 \text{ 公斤/毫米}^2 \text{ (强度} = \frac{\text{外力}}{\text{面积}})$$

一般钢在拉力作用下,都要经过塑性变形才发生断裂,所以同一种钢的抗拉强度要大于它的屈服强度(即 $\sigma_b > \sigma_s$)。钢的 σ_b 和 σ_s 的数值愈高,表示钢的强度愈好。钢的 σ_b 和 σ_s 的数值是随着钢的含碳量的增加而增高的,如热轧后的不同含碳量的钢,其 σ_s 和 σ_b 的数值为:

低碳钢: σ_s 为 20~30 公斤/毫米²;

σ_b 为 30~50 公斤/毫米²。

中碳钢: σ_s 为 30~45 公斤/毫米²;

σ_b 为 50~70 公斤/毫米²。

高碳钢: σ_s 在 45 公斤/毫米² 以上;

σ_b 在 70 公斤/毫米² 以上。

钢中加入某些合金元素,如铬、镍、锰、钼等,并进行热处理后,可以大大提高钢的强度。有的合金钢 σ_b 可达到 200 公斤/毫米²。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小。

在工程上希望金属材料不仅具有高的 σ_s ,并且具有一定的屈强比(σ_s/σ_b)。屈强比愈小,结构零件的可靠性愈高,万一超载,也能由于塑性变形使金属的强度提高而不致立刻破断。但如果比值太低,则材料强度的有效利用率太低。因此,一般希望屈强比高一些。屈强比对不同零件有不同要求,如弹簧就要求有高的屈强比。

二、弹性与塑性

金属材料在外力作用下变形,一旦外力除去,仍能恢复原状的性质,叫做金属的弹性。如钢梁桥在列车通过时微微下垂,列车通过后又恢复原状。表示弹性的叫做弹性极限,