

金属材料常识 普及读本

陈永 主编

JINSHU CAILIAO CHANGSHI PUJI DUBEN

金属材料常识普及读本

主 编 陈 永

副主编 苗晋琦 肖树龙

参 编 徐丽娟 孙玉福 潘继民 刘胜新 宋月鹏

夏 静 向 嵩 王金荣 翟 震 毛 磊

主 审 汪大经



机械工业出版社

本书系统地介绍了金属材料的最基本知识，是一本学习金属材料知识的入门指导书。全书内容包括金属材料的分类及用途、金属材料的物理性能、金属材料的力学性能、金属的晶体结构和组织、合金元素在金属中的作用、金属的冶炼、金属材料的热处理、金属材料的成形方法、金属材料的缺陷、无损检测、金属材料的牌号、现场鉴别钢铁材料的简易方法、金属材料的标记、金属材料理论重量计算方法、金属材料的储运管理。本书用简洁、通俗易懂的语言和丰富的实物图片，对难于理解和记忆的金属知识进行了介绍，便于读者轻松阅读学习。

本书适合金属材料加工与应用领域的操作工人参考使用，也非常适合没有任何专业基础的金属材料爱好者和刚刚接触金属材料领域的人员阅读自学，也可作为相关专业技能学校师生的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属材料常识普及读本/陈永主编. —北京：机械工业出版社，2011.5

ISBN 978-7-111-33695-2

I. ①金… II. ①陈… III. ①金属材料—普及读物 IV. ①TG14-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 040061 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：陈保华 责任编辑：陈保华

版式设计：霍永明 责任校对：李秋荣

封面设计：路恩中 责任印制：乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 7.5 印张 · 221 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-33695-2

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

策划编辑：(010)88379734

社服务中心：(010)88361066

网络服务

销售一部：(010)68326294

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

金属材料广泛应用于国民经济和人民生活的各方面，是社会生产和公众生活所必需的基本材料，人类的进步也与金属材料的发展息息相关。随着国民经济建设和科学技术的进步，金属材料知识的普及显得更加重要。为了方便广大金属加工与应用领域的操作工人、技校学生、培训机构相关人员对金属材料相关知识的学习，我们编写了这本书。

本书内容包含了金属加工与应用领域从业人员需要了解的最基本的金属材料知识。全书共 15 章，具体内容包括金属材料的分类及用途、金属材料的物理性能、金属材料的力学性能、金属的晶体结构和组织、合金元素在金属中的作用、金属的冶炼、金属材料的热处理、金属材料的成形方法、金属材料的缺陷、无损检测、金属材料的牌号、现场鉴别钢铁材料的简易方法、金属材料的标记、金属材料理论重量计算方法、金属材料的储运管理。书中简洁、通俗易懂的语言，丰富精美的实物图片，会让读者把学习变成一件轻松、开心的事。读者通过阅读本书，能够对金属材料的基本知识有个整体、清晰的了解。

本书的突出特点是适合没有任何专业基础的金属材料爱好者，以及刚接触金属材料领域的人员、技校学生等从零开始学习，特别适合那些无法接受系统学习的读者使用。本书是正在接受技能培训读者的最理想辅导书，是从事技能指导及培训教师的好帮手，它包含了所有必需教授的金属材料相关知识的基本内容。

本书由郑州大学的陈永主编，苗晋琦、肖树龙任副主编，参加编写的有徐丽娟、孙玉福、潘继民、刘胜新、宋月鹏、夏静、向嵩、王金荣、翟震、毛磊，武汉理工大学的汪大经教授对全书进行了详细审阅。

在本书的编写过程中，参考了国内外同行的大量文献资料和相

关标准，部分内容来自互联网（无法获知相关作者的信息，未在参考文献中注明），谨向相关人员表示衷心的感谢！

由于我们水平有限，错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 金属材料的分类及用途	1
1.1 概述	1
1.2 总分类	4
1.2.1 科学分类	4
1.2.2 工业分类	4
1.3 钢铁材料	6
1.3.1 铁	6
1.3.2 生铁	7
1.3.3 铁合金	8
1.3.4 铸铁	8
1.3.5 钢	11
1.3.6 常用钢材分类	15
1.3.7 钢材十五大类及品种规格	15
1.4 非铁金属材料	18
1.4.1 铜及铜合金	18
1.4.2 铝及铝合金	23
1.4.3 钛及钛合金	24
1.4.4 锌及锌合金	28
1.4.5 镁及镁合金	29
1.4.6 镍及镍合金	31
1.4.7 金及金合金	33
1.4.8 银及银合金	35
1.4.9 铅及铅合金	36
1.4.10 锡及锡合金	37
第 2 章 金属材料的物理性能	39
第 3 章 金属材料的力学性能	47
3.1 硬度	48

3.1.1	不同硬度试验方法的适用范围	48
3.1.2	常见硬度相关术语	50
3.1.3	布氏硬度	50
3.1.4	洛氏硬度	53
3.1.5	维氏硬度	56
3.1.6	努氏硬度	58
3.1.7	里氏硬度	60
3.1.8	肖氏硬度	61
3.1.9	各种硬度间的换算关系	62
3.1.10	钢铁材料硬度与强度的换算关系	62
3.1.11	有色金属材料硬度与强度的换算关系	63
3.2	拉伸性能	63
3.2.1	拉伸试验	64
3.2.2	应力-应变曲线	66
3.2.3	材料的屈服	67
3.2.4	抗拉强度	67
3.2.5	屈强比	68
3.2.6	规定非比例延伸强度	69
3.2.7	断后伸长率	69
3.2.8	泊松比	69
3.2.9	拉伸杨氏模量	69
3.2.10	拉伸试样的宏观断口形态	69
3.2.11	室温拉伸性能符号新旧对照	72
3.3	冲击性能	73
3.3.1	冲击试样	74
3.3.2	冲击吸收能量	74
3.3.3	冲击性能符号新旧对照	75
3.4	扭转性能	76
3.5	压缩性能	78
3.5.1	抗压强度的测定	78
3.5.2	压缩试样的破坏形式	79
3.6	弯曲性能	79
3.7	剪切性能	80
3.8	疲劳性能	82

第 4 章 金属的晶体结构和组织	84
4.1 晶体结构的基本知识	84
4.1.1 晶体和非晶体	84
4.1.2 晶格和晶胞	84
4.1.3 晶面和晶向	85
4.2 金属的晶体结构	86
4.2.1 金属晶体的特性	86
4.2.2 常见的金属晶格	86
4.2.3 金属的实际晶体结构	88
4.2.4 晶体的缺陷	88
4.3 合金的晶体结构	90
4.3.1 合金的基本概念	90
4.3.2 合金的相和组织	91
4.4 金属的结晶	93
4.4.1 结晶的条件	93
4.4.2 纯金属的结晶过程	93
4.4.3 晶粒度与晶粒细化	93
4.4.4 铁碳合金的组织	96
第 5 章 合金元素在金属中的作用	100
5.1 合金元素在钢中的作用	100
5.1.1 硅在钢中的作用	100
5.1.2 锰在钢中的作用	102
5.1.3 镍在钢中的作用	103
5.1.4 钴在钢中的作用	104
5.1.5 铬在钢中的作用	105
5.1.6 钼在钢中的作用	106
5.1.7 铜在钢中的作用	107
5.1.8 铝在钢中的作用	107
5.1.9 钒在钢中的作用	108
5.1.10 钛在钢中的作用	109
5.1.11 钨在钢中的作用	110
5.1.12 硼在钢中的作用	111
5.1.13 稀土元素在钢中的作用	112
5.1.14 氮在钢中的作用	112

5.1.15 硫、硒、碲在钢中的作用	113
5.1.16 磷、砷、锑在钢中的作用	114
5.2 合金元素在有色金属中的作用	114
5.2.1 合金元素在铝合金中的作用	114
5.2.2 合金元素在镁合金中的作用	115
5.2.3 合金元素在钛合金中的作用	116
第6章 金属的冶炼	117
6.1 金属的存在状态	117
6.2 金属冶炼方法	117
6.3 炼铁	117
6.4 炼钢	120
第7章 金属材料的热处理	126
7.1 热处理综述	126
7.1.1 热处理的历史	126
7.1.2 热处理的定义	127
7.1.3 热处理的过程	128
7.2 常用热处理方法	129
7.2.1 整体热处理	129
7.2.2 表面热处理	132
7.2.3 其他热处理	133
7.3 热处理工艺代号	135
第8章 金属材料的成形方法	137
8.1 铸造	137
8.1.1 铸造综述	137
8.1.2 普通砂型铸造	139
8.1.3 熔模精密铸造	140
8.1.4 金属型铸造	141
8.1.5 压力铸造	143
8.1.6 离心铸造	143
8.1.7 重力铸造	145
8.2 塑性加工	146
8.2.1 塑性加工的种类	146
8.2.2 锻压	148
8.3 焊接	152

8.3.1 熔焊	153
8.3.2 压焊	155
8.3.3 钎焊	156
8.3.4 常用金属材料的焊接难易程度	158
第9章 金属材料的缺陷	160
第10章 无损检测	172
10.1 无损检测的应用特点	172
10.2 射线检测	173
10.3 超声波检测	174
10.4 磁粉检测	174
10.5 渗透检测	175
第11章 金属材料的牌号	176
11.1 钢铁材料牌号统一数字代号体系	176
11.1.1 统一数字代号编排总原则	176
11.1.2 钢铁材料的类型与统一数字代号	176
11.2 钢铁材料牌号表示方法	177
11.2.1 生铁牌号表示方法	177
11.2.2 铁合金牌号表示方法	178
11.2.3 铸铁牌号表示方法	178
11.2.4 铸钢牌号表示方法	180
11.2.5 碳素结构钢和低合金结构钢牌号表示方法	180
11.2.6 优质碳素结构钢和优质碳素弹簧钢牌号表示方法	182
11.2.7 易切削钢牌号表示方法	182
11.2.8 车辆车轴及机车车辆用钢牌号表示方法	183
11.2.9 合金结构钢和合金弹簧钢牌号表示方法	183
11.2.10 非调质机械结构钢牌号表示方法	184
11.2.11 碳素工具钢牌号表示方法	184
11.2.12 合金工具钢牌号表示方法	185
11.2.13 高速工具钢牌号表示方法	185
11.2.14 轴承钢牌号表示方法	185
11.2.15 不锈钢和耐热钢牌号表示方法	186
11.3 非铁金属材料牌号表示方法	192
11.3.1 铝及铝合金牌号表示方法	192
11.3.2 镁及镁合金牌号表示方法	196

11.3.3 铜及铜合金牌号表示方法	199
11.3.4 锌及锌合金牌号表示方法	200
11.3.5 钛及钛合金牌号表示方法	201
11.3.6 镍及镍合金牌号表示方法	202
11.3.7 稀土金属及其合金牌号表示方法	202
11.3.8 贵金属及其合金牌号表示方法	204
第12章 现场鉴别钢铁材料的简易方法	206
12.1 火花鉴别法	206
12.1.1 火花的形成	206
12.1.2 火花的结构	207
12.1.3 合金元素对火花特征的影响	208
12.1.4 碳钢的火花特征	209
12.1.5 常见钢种的火花特征	210
12.2 色标鉴别法	212
12.3 断口鉴别法	212
12.4 音响鉴别法	213
第13章 金属材料的标记	214
13.1 钢铁材料的标记	214
13.1.1 钢铁材料的交货状态	214
13.1.2 钢铁材料的标记代号	215
13.1.3 钢铁材料的涂色标记	218
13.2 有色金属材料的标记	220
13.2.1 有色金属材料的状态及代号	220
13.2.2 有色金属材料的涂色标记	222
第14章 金属材料理论重量计算方法	223
14.1 钢铁材料理论重量计算方法	223
14.2 有色金属材料的理论重量计算方法	223
第15章 金属材料的储运管理	226
15.1 钢铁材料的储运管理	226
15.2 有色金属材料的储运管理	227
参考文献	230

第1章 金属材料的分类及用途

1.1 概述

材料是指人类用以制造各种有用器件的物质，是人类生产和生活所必需的物质基础，是人类进化史上的里程碑。由于材料的重要性，材料的发展水平和利用程度已成为人类文明进步的标志，历史学家常根据人类所使用的材料来划分时代，如图 1-1 所示。



图 1-1 材料发展与人类社会的关系

青铜时代是人类利用金属的第一个时代，是以使用青铜器为标志的人类文化发展的一个阶段。当人们在冶炼青铜的基础上掌握了冶炼铁的技术之后，铁器时代就到来了，它使人类的工具制造进入了一个全新的领域，生产力得到了极大的发展。

20 世纪 80 年代，人们把材料、能源和信息并列称为现代文明的三大支柱，也是现代工业的三大朝阳产业。

在国民经济建设和人们日常生活中，金属材料无所不在。空中的飞机、水中的轮船、地面的火车、钢架结构的鸟巢、工程机械和各类生活用品几乎都是用金属制造的，如图 1-2 所示。可以说，没有金属材料人们将无法生存。

人类的进步和金属材料息息相关，青铜器、铁器、现代的铝、

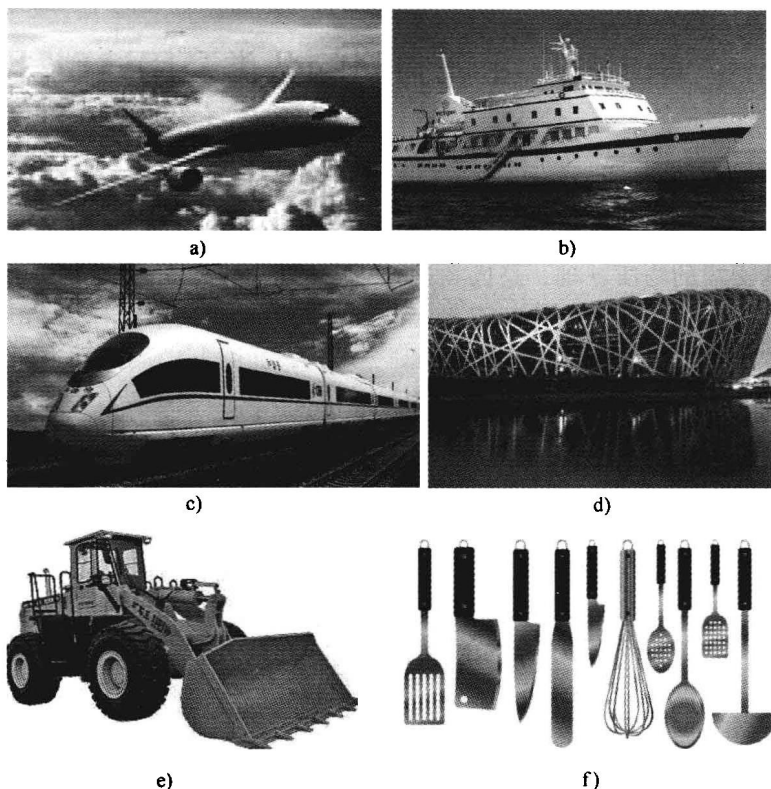


图 1-2 金属材料制品

a) 飞机 b) 轮船 c) 火车 d) 鸟巢 e) 工程机械 f) 生活用品

当代的钛，它们在人类的文明进程中都扮演着重要的角色。

前苏联在 1957 年把第一颗人造卫星送入太空（见图 1-3），令美国人震惊不已，认识到了在导弹火箭技术上的落后，关键是材料技术上的落后。因此，在其后的几年里，美国在十多所大学中陆续建立了材料科学研究中心，并把约 2/3 大学的冶金系或矿冶系改建成了冶金材料科学系或材料科学与工程系。

所谓金属，就是一种具有光泽（即可对可见光强烈反射）、延展性好、容易导电和导热的物质，如图 1-4 所示。在自然界中，绝大多

数金属以化合物的形式存在,少数金属(如金、铂、银)以单质的形式存在。

我国古代将金属分为五类,俗称五金,是指金(俗称黄金)、银(俗称白金)、铜(俗称赤金)、铁(俗称黑金)、锡(俗称青金)五类金属。现在已将五金引申为常见的金属材料及金属制品,所以五金商店里销售的不仅仅是这五种金属的产品。进行矿产贸易的五矿公司,进行着所有金属矿产贸易业务,并不只是包含这五种金属。

元素周期表里的100多种元素中,金属元素占了3/4。虽然都是金属元素,但由于它们的原子结构不同,它们的性能也存在很大的差异,密度、硬度、熔点等相差很大。目前所知的金属之最如表1-1所示。

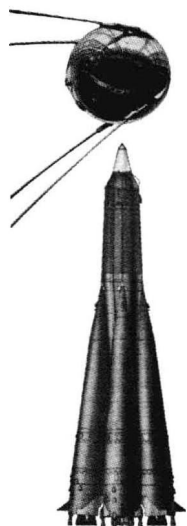


图1-3 第一颗人造卫星及其运载火箭



图1-4 金属的特点

表 1-1 金属之最

金属	性能或储量
铬	硬度最高
铯	硬度最低
钨	熔点最高
汞	熔点最低
锇	密度最大
锂	密度最小
金	延展性最好
银	导电性及导热性最好
钙	人体中含量最高
铝	地壳里含量最高
铍	地壳里含量最低
铌	耐蚀性最好
钛	比强度（强度与密度的比值）最大

1.2 总分类

金属材料的分类方法有两种，一种是科学上的分类，一种是工业上的分类。

1.2.1 科学分类

科学上的分类依据是元素周期表，如图 1-5 所示。在这个表中把金属按一定的规律分为碱金属、碱土金属、镧系元素、锕系元素等。

1.2.2 工业分类

工业分类的依据及类别如表 1-2 所示。

表 1-2 工业分类的依据及类别

分类依据	类 别
是否有铁	钢铁材料、非铁金属材料
颜色	黑色金属、有色金属
密度	重金属、轻金属
市场价值	贵金属、贱金属
储量	稀有金属、富有金属

钢铁材料也称为黑色金属材料，属于贱金属，包括生铁、铁合

图 1-5 元素周期表

金、铸铁、铸钢、结构钢、工具钢、不锈钢、耐热钢等。非铁金属材料也称为有色金属材料，包括铝、镁、铜、锌、钛、镍、稀土金属、稀有金属、贵金属、半金属等。一般工业生产中金属材料的分类如表 1-3 所示。

表 1-3 工业生产中金属材料的分类

类别	金属名称
黑色金属	铁、铬、锰
轻有色金属	指密度小于 4.5g/cm^3 的有色金属，包括铝、镁、钾、钠、钙、锶、钡
重有色金属	指密度不小于 4.5g/cm^3 的有色金属，包括铜、铅、锌、镍、钴、锡、镉、铋、铊、汞
贵金属	指在地壳中含量少，开采和提取都比较困难，价格比一般金属贵的有色金属，包括金、银、铂、钯、铑、铱、钌、锇
稀有金属	指在地壳中分布不广，开采冶炼较难，在工业应用较晚的有色金属，包括钨、钼、钒、钛、锆、铌、钽、镓、铟、锗、锂、铍、铷、铯、铊、铟、铊、铟
半金属	指物理化学性质介于金属和非金属之间的物质，包括硅、硒、碲、砷、硼

1.3 钢铁材料

1.3.1 铁

铁是最常用的金属，密度为 7.87g/cm^3 ，熔点为 1536°C ，沸点为 3070°C ，有很强的磁性和良好的变形能力及导热性。铁比较活泼，在金属活动顺序表里排在氢的前面。铁在干燥空气中很难跟氧气反应，但在潮湿空气中很容易腐蚀，若在酸性气体或卤素蒸气氛围中腐蚀更快。铁易溶于稀的无机酸和浓盐酸，会生成二价铁盐，并放出氢气。在常温下遇浓硫酸或浓硝酸时，表面生成一层氧化物保护膜，使铁“钝化”，故可用铁制品盛装浓硫酸或浓硝酸。

铁是地球上分布最广的金属之一，在地壳中约占 5%（质量分数），仅次于铝。在自然界中，单质状态的铁只能从陨石中找到（见图 1-6），分布在地壳中的铁都以化合物的状态存在。陨铁可用于打