

第2版

金属材料常识 普及读本

陈永 主编

轻松学习金属材料知识的入门指导书



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

金属材料常识普及读本

第2版

主 编 陈 永

副主编 徐军福 李国立 冯纪东 黄智泉

参 编 徐向俊 潘继民 李军伟 张永生 尼军杰

杨 威 赵轩玮 蒋思涵 孙为云 霍方方

翟德铭 陈 光 李书珍 王朋旭 王鸿杰



机械工业出版社

本书系统地介绍了金属材料的基本知识，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发展历程与人类文化、金属材料的分类、金属材料的牌号、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、金属材料的成形方法、金属材料的热处理、金属材料的物理性能、金属材料的力学性能、金属材料的缺陷和无损检测、金属材料的理论质量计算方法、金属材料的交货状态和储运管理。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材料知识进行了介绍，方便读者轻松阅读学习。

本书适合金属材料加工与应用领域的工人阅读使用，也可作为相关专业职业技术学校 and 技能培训鉴定机构师生的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属材料常识普及读本/陈永主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-111-53915-5

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 (2016) 第 117148 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 臧弋心 崔滋恩

版式设计: 霍永明 责任校对: 黄兴伟

封面设计: 马精明 责任印制: 乔宇

北京云浩印刷有限责任公司印刷

2016 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

169mm×239mm·16.75 印张·294 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-53915-5

定价: 39.00 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

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmpl952

010-88379203

策划编辑: 010-88379734

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com



前言



《金属材料常识普及读本》自2011年5月出版以来，深受读者欢迎。但近年来，有关金属材料的知识不断地更新和扩展，第1版的内容有些已经不能满足读者的需求。为了与时俱进，满足读者需求，决定对《金属材料常识普及读本》修订后出版第2版。

本次修订内容包括：调整了章节结构，使之更适合读者阅读；对部分章节进行了内容更新和补充；修正了第1版中的错误。

本书介绍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13章，具体内容包括金属材料的发展历程与人类文化、金属材料的分类、金属材料的牌号、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、金属材料的成形方法、金属材料的热处理、金属材料的物理性能、金属材料的力学性能、金属材料的缺陷和无损检测、金属材料的理论质量计算方法、金属材料的交货状态和储运管理。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一个整体、清晰的了解。

本书适合金属材料加工与应用领域的工人阅读使用，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，还可作为相关专业职业技术学校 and 技能培训鉴定机构师生的培训教材。

本书由郑州大学的陈永任主编，徐军福、李国立、冯纪东、黄智泉任副主编。参加编写工作的有：徐向俊、潘继民、李军伟、张永生、尼军杰、杨威、赵轩玮、蒋思涵、孙为云、霍方方、翟德铭、陈光、李书珍、王朋旭、王鸿杰。全书由陈永统稿，汪大经教授审稿。

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（由于无法获知相关作者的信息，未在参考文献中注明），谨向有关人员表示衷心的感谢！由于编者水平有限，错误和纰漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正；同时，我们负责对书中所有内容进行技术咨询和答疑。具体的联系方式如下：

联系人：陈先生；电话：13523499166；电子邮箱：13523499166@163.com；QQ：56773139。

编者



前言

第1章 金属材料的发展历程与人类文化	1
1.1 金属材料的发展历程	1
1.1.1 青铜器时代	2
1.1.2 铁器时代	5
1.1.3 钢铁时代	9
1.1.4 种类繁多的金属材料	9
1.1.5 新型金属材料	10
1.2 金属材料与人类文化	23
1.2.1 带金属偏旁的汉字	25
1.2.2 人类所知的金属之最	25
第2章 金属材料的分类	29
2.1 总分类	29
2.1.1 科学分类	29
2.1.2 工业分类	29
2.2 钢铁材料	31
2.2.1 铁	31
2.2.2 生铁	32
2.2.3 铁合金	32
2.2.4 铸铁	32
2.2.5 钢	35
2.2.6 常用钢材分类	38
2.2.7 钢材的十五大类	39
2.3 有色金属材料	40
2.3.1 铜	40
2.3.2 铝	45
2.3.3 钛	49
2.3.4 锌	53
2.3.5 镁	55
2.3.6 镍	56
2.3.7 金	58

2.3.8 银	61
2.3.9 铅	62
2.3.10 锡	63
第3章 金属材料的牌号	65
3.1 钢铁材料牌号表示方法	65
3.1.1 生铁牌号表示方法	65
3.1.2 铁合金牌号表示方法	66
3.1.3 铸铁牌号表示方法	66
3.1.4 铸钢牌号表示方法	68
3.1.5 碳素结构钢和低合金结构钢牌号表示方法	68
3.1.6 优质碳素结构钢和优质碳素弹簧钢牌号表示方法	70
3.1.7 易切削钢牌号表示方法	71
3.1.8 车辆车轴及机车车辆用钢牌号表示方法	71
3.1.9 合金结构钢和合金弹簧钢牌号表示方法	72
3.1.10 非调质机械结构钢牌号表示方法	72
3.1.11 碳素工具钢牌号表示方法	73
3.1.12 合金工具钢牌号表示方法	73
3.1.13 高速工具钢牌号表示方法	74
3.1.14 轴承钢牌号表示方法	74
3.1.15 不锈钢及耐热钢牌号表示方法	75
3.2 钢铁材料牌号统一数字代号体系	79
3.2.1 统一数字代号编排总原则	80
3.2.2 钢铁材料的类型与统一数字代号	80
3.3 有色金属材料牌号表示方法	81
3.3.1 铝及铝合金牌号(代号)表示方法	81
3.3.2 镁及镁合金牌号(代号)表示方法	86
3.3.3 铜及铜合金牌号表示方法	88
3.3.4 锌及锌合金牌号表示方法	91
3.3.5 钛及钛合金牌号表示方法	92
3.3.6 镍及镍合金牌号表示方法	93
3.3.7 稀土金属牌号表示方法	94
3.3.8 贵金属及其合金牌号表示方法	96
3.4 鉴别金属材料牌号的简易方法	97
3.4.1 火花鉴别法	97
3.4.2 断口鉴别法	111
第4章 金属的晶体结构和组织	113
4.1 晶体结构的基本知识	113

4.1.1 晶体和非晶体	113
4.1.2 晶格和晶胞	114
4.1.3 晶面和晶向	114
4.2 金属的晶体结构	115
4.2.1 金属晶体的特性	115
4.2.2 常见的金属晶格	115
4.2.3 金属的实际晶体结构	117
4.2.4 晶体的缺陷	117
4.3 合金的晶体结构	119
4.3.1 合金的基本概念	119
4.3.2 合金的相和组织	120
4.4 金属的结晶	121
4.4.1 结晶的条件	121
4.4.2 纯金属的结晶过程	122
4.4.3 细化晶粒	123
4.4.4 铁碳合金的组织	124
第5章 合金元素在金属中的作用	128
5.1 合金元素在钢中的作用	128
5.1.1 硅在钢中的作用	128
5.1.2 锰在钢中的作用	130
5.1.3 镍在钢中的作用	131
5.1.4 钴在钢中的作用	133
5.1.5 铬在钢中的作用	134
5.1.6 钼在钢中的作用	135
5.1.7 铜在钢中的作用	136
5.1.8 铝在钢中的作用	137
5.1.9 钒在钢中的作用	138
5.1.10 钛在钢中的作用	139
5.1.11 钨在钢中的作用	140
5.1.12 硼在钢中的作用	141
5.1.13 稀土元素在钢中的作用	142
5.1.14 氮在钢中的作用	143
5.1.15 硫、硒、碲在钢中的作用	144
5.1.16 磷、砷、锑在钢中的作用	145
5.2 合金元素在有色金属中的作用	146
5.2.1 合金元素在铝合金中的作用	146
5.2.2 合金元素在镁合金中的作用	147

5.2.3 合金元素在钛合金中的作用	147
第6章 金属的冶炼	149
6.1 金属的存在状态	149
6.2 金属冶炼方法	149
6.3 炼铁	150
6.4 炼钢	151
6.5 炼铝	157
6.6 炼铜	158
6.7 炼镁	158
6.8 炼锌	161
第7章 金属材料的成形方法	162
7.1 铸造	162
7.1.1 综述	162
7.1.2 普通砂型铸造	164
7.1.3 熔模精密铸造	165
7.1.4 金属型铸造	167
7.1.5 压力铸造	167
7.1.6 离心铸造	168
7.1.7 重力铸造	169
7.2 塑性加工	170
7.2.1 塑性加工的种类	170
7.2.2 锻压	172
7.3 焊接	175
7.3.1 熔焊	176
7.3.2 压焊	178
7.3.3 钎焊	178
7.3.4 金属材料焊接术语	180
7.3.5 常用金属材料的焊接难易程度	181
第8章 金属材料的热处理	182
8.1 热处理综述	183
8.1.1 热处理的历史	183
8.1.2 热处理的过程	184
8.2 常用热处理方法	185
8.2.1 著名的“四把火”	185
8.2.2 表面淬火	188
8.2.3 化学热处理	188
8.2.4 接触电阻加热淬火	189

8.2.5 电解加热淬火	190
8.2.6 时效处理	190
8.2.7 形变热处理	190
8.3 用数字和字母表示热处理工艺	190
第9章 金属材料的物理性能	192
9.1 熔点	192
9.2 密度	192
9.3 线胀系数	194
9.4 比热容	195
9.5 热导率	196
9.6 电阻率	196
9.7 平均电阻温度系数	197
9.8 常用金属材料的物理性能	197
第10章 金属材料的力学性能	199
10.1 硬度	200
10.1.1 不同硬度试验方法的适用范围	200
10.1.2 常见硬度相关术语	201
10.1.3 布氏硬度	202
10.1.4 洛氏硬度	204
10.1.5 维氏硬度	207
10.1.6 努氏硬度	209
10.1.7 里氏硬度	211
10.1.8 肖氏硬度	212
10.1.9 各种硬度间的换算关系	212
10.1.10 钢铁材料硬度与强度的换算关系	213
10.1.11 有色金属材料硬度与强度的换算关系	213
10.2 拉伸性能	214
10.2.1 拉伸试验	215
10.2.2 应力-应变曲线	216
10.2.3 材料的屈服	216
10.2.4 抗拉强度	217
10.2.5 屈强比	219
10.2.6 规定塑性延伸强度	219
10.2.7 断后伸长率	219
10.2.8 泊松比	220
10.2.9 拉伸弹性模量	220
10.2.10 拉伸试样的宏观断口形态	221

10.2.11 拉伸性能符号新旧对照	222
10.3 冲击性能	223
10.3.1 冲击试样	224
10.3.2 冲击吸收能量	224
10.3.3 冲击性能符号新旧对照	225
10.4 扭转性能	225
10.5 压缩性能	227
10.5.1 抗压强度的测定	228
10.5.2 压缩试样的破坏形式	228
10.6 弯曲性能	229
10.7 剪切性能	230
10.8 疲劳性能	231
第 11 章 金属材料的缺陷和无损检测	233
11.1 金属材料的缺陷	233
11.2 金属材料的无损检测	243
11.2.1 无损检测的特点	244
11.2.2 射线检测	244
11.2.3 超声波检测	245
11.2.4 磁粉检测	245
11.2.5 渗透检测	246
11.2.6 涡流检测	247
第 12 章 金属材料的理论质量计算方法	249
12.1 钢铁材料的理论质量计算方法	249
12.2 有色金属材料的理论质量计算方法	249
第 13 章 金属材料的交货状态和储运管理	251
13.1 金属材料的交货状态	251
13.1.1 钢铁材料的交货状态	251
13.1.2 有色金属材料的交货状态	252
13.2 金属材料的储运管理	252
13.2.1 钢铁材料的储运管理	252
13.2.2 有色金属材料的储运管理	253
参考文献	255

第 1 章

金属材料的发展历程与人类文化

“横看成岭侧成峰”这句诗告诉了我们一个哲学道理：每一件事情从不同的角度看，就会有不同的结果。就人类历史而言，从科学的角度看，就是一部材料的进步发展史。材料是指人类用以制造各种有用器件的物质，它是人类生产和生活所必需的物质基础，而材料发展史更是成了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人类文明进步的标志，如我们所熟知的历史时代，就是根据人类在某个时期所使用的材料的特征来划分的，材料发展与人类社会的关系如图 1-1 所示。20 世纪 70 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，由此可见，材料在人类文明发展史上具有极其重要的地位。



图 1-1 材料发展与人类社会的关系

1.1 金属材料的发展历程

从人类历史的开端石器时代进入到金属材料时代，是人类历史上一次伟大的进步。据说人类最先使用的金属是青铜，至今已有 5000 年的历史了。

1.1.1 青铜器时代

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明发展的一个阶段。从此，虽然石器没有完全被淘汰，但石器时代已经被青铜时代所代替。

我们俗话说的青铜是铜与锡或铅等形成的合金，熔点为 $700 \sim 900^{\circ}\text{C}$ ，比纯铜的熔点 (1083°C) 低。锡质量分数为 10% 的青铜，硬度是纯铜的 5 倍左右，性能优良。俗语说的“三尺青锋”指的就是用青铜制造的宝剑，青锋剑。康有为曾用“千山风雨啸青锋”形容自己离京后仍大有可为，表明了自己面对巨大压力时一种从容不迫、坚定不移的品格。高纯度铜矿石如图 1-2 所示。



图 1-2 高纯度铜矿石

青铜的出现，对提高社会生产力起到了划时代的作用，中国是世界上发明青铜器最早的地区之一。那些隐埋于历史时光中的无名天才艺术家们，创造了我国青铜器萌生、发展和变化绵延 1500 多年（从夏初至战国末）的历史，包括青铜兵器（见图 1-3）、青铜礼器（见图 1-4）、青铜雕像（见图 1-5）、青铜纹饰（见图 1-6）、青铜铭文（见图 1-7）、青铜音乐（见图 1-8）和青铜钱币等。



图 1-3 青铜兵器



图 1-4 青铜礼器

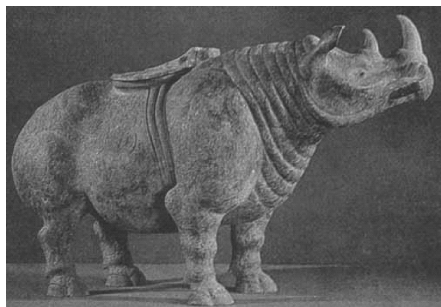


图 1-5 青铜雕像



图 1-6 青铜纹饰



图 1-7 青铜铭文

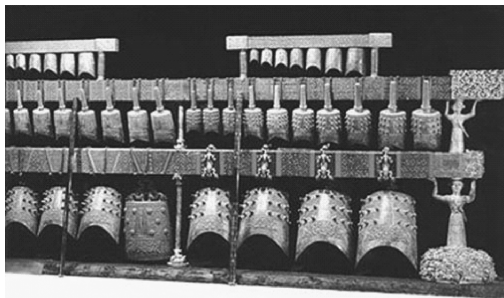


图 1-8 青铜音乐

1. 早期青铜器时代

年代为公元前 2100 至公元前 1500。当时人类已经会使用火，在偶然的情况下，他们将色彩斑斓的铜矿石（孔雀石、蓝铜矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿等）扔进火堆里，由于矿石的多样性，这样就无意识地熔炼出了纯铜、青铜等金属。

2. 中期青铜器时代

年代为公元前 15 世纪至公元前 11 世纪，这个时期奴隶制进一步发展繁荣，青铜铸造工艺相当成熟，青铜器数量大增，此时我国青铜时代达到鼎盛时期，同时也是奴隶制发展的典型时期。这时的青铜文化以安阳殷墟为代表，这里当时是商王朝的政治统治中心，也是青铜铸造业的中心。俗话说“民以食为天”，当有了合适的材料后，人们最先想到的还是提高自己的生活水平，于是各种青铜质的饮食用具纷纷出现，但是体积大而制作精美的餐具那时候还是王侯之家的专属。“钟鸣鼎食之家”指的就是王侯之家，可见那时候鼎在人们心目中的地位。那个时期的青铜器风格凝重，纹饰以奇异的动物为主，形成狞厉之美，如著名的司母戊大方鼎（见图 1-9）和四羊方尊（见图 1-10）。据考古学者分析，四羊方尊是用两次分铸技术铸造的，即先将羊角与羊头单个铸好，然后将其分别配置在外范内，再进行整体浇注。整个器物用块范法浇注，一气呵成，鬼斧神工，显示了高超的铸造水平。很难想象，当年工匠们是怎样夜以继日地工作，凭借高超的铸造工艺，才将器物与动物形状结合起来，使之千年不朽的。



图 1-9 司母戊大方鼎



图 1-10 四羊方尊

3. 晚期青铜器时代

年代为公元前 10 世纪至公元前 8 世纪，正是我国奴隶制社会逐渐走向衰落的阶段。当时青铜铸造工艺取得了突破发展，出现了分铸法、失蜡法等先进工艺技术。此时期的青铜器造型精巧生动，纹样精密，形成了装饰与观赏结合之美，如青铜神树（见图 1-11）。在青铜神树的枝干上可以清晰地看到用来垂挂器物的穿孔，因此青铜制作的发声器可以悬挂在铜树上。不难想象，3000 年前，当风吹过的时候，人们可以聆听到由青铜件的摇曳和碰撞奏出的音响，而那一阵阵清脆的声响足以证明了一个伟大的青铜时代在中国达到了顶峰。

1.1.2 铁器时代

当人们在冶炼青铜的基础上逐渐掌握了冶炼铁的技术之后，人类历史便步入了铁器时代。铁器时代是人类发展史中一个极为重要的时代。铁器坚硬、韧性高、锋利，其性能远胜过石器和青铜器。铁器的广泛使用，使人类的工具制造技术进入了一个全新的领域，生产力也因此得到了极大的提高。春秋战国时期，旧制度、旧统治秩序被破坏，新制度、新统治秩序在确立，新的阶级力量在壮大，而隐藏在这一过程中并构成这一社会变革的

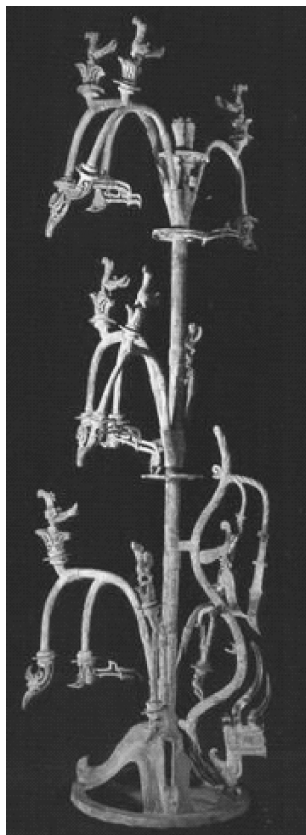


图 1-11 青铜神树

根源则是以铁器为特征的生产力的革命。生产力的发展最终导致了各国的变革运动和封建制度的确立，也导致了思想文化的繁荣。图 1-12 所示是春秋时期的铁箭头，图 1-13 所示是战国时期的凹形铁锄，铁器的使用促进了农耕时代的出现和发展，拥有大量土地成了一个人财富的标志，而我国历史上一个特定的名词“地主”也因此诞生了。图 1-14 ~ 图 1-19 所示分别是汉代的铁器、三国时期的铁器、唐朝的铁牛、宋代的铁狮、明代的铁钟和清代的铁炮。图 1-20 所示为《天工开物》上记载的著名的“风箱制铁法”。1978 年，在北京平谷区刘河村发掘的一座商代墓葬中，出土了许多青铜器，其中最引人注目的是一件古代铁刃铜钺（见图 1-21），经鉴定铁刃就是由陨铁锻制的。



图 1-12 春秋时期的铁箭头

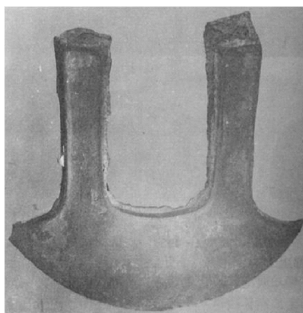


图 1-13 战国时期的凹形铁锄



图 1-14 汉代的铁器



图 1-15 三国时期的铁器



图 1-16 唐朝的铁牛



图 1-17 宋代的铁狮



图 1-18 明代的铁钟



图 1-19 清代的铁炮