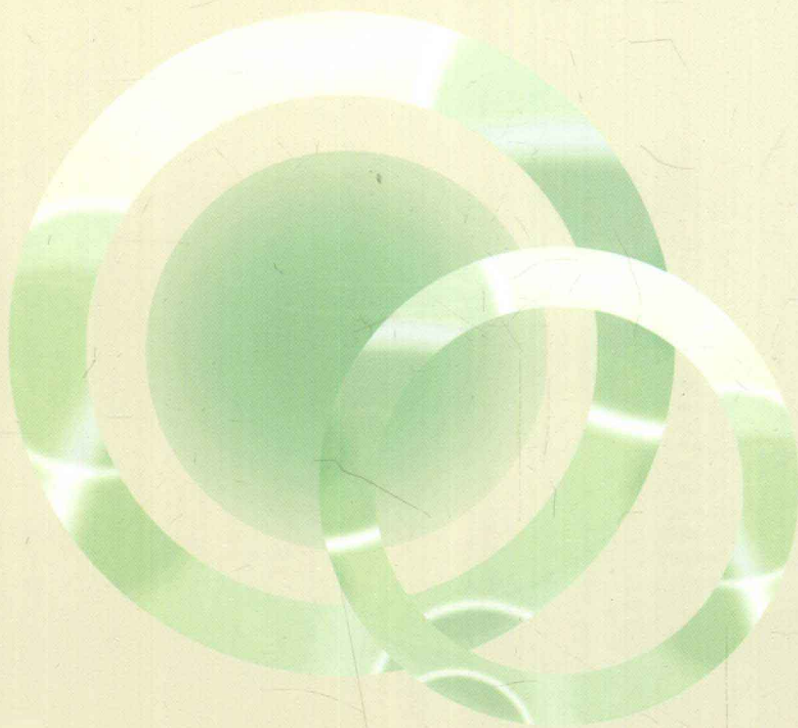




高等学校“十二五”实验实训规划教材

金属材料工程实习实训教程

范培耕 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



高等学校“十二五”实验实训规划教材

金属材料工程实习实训教程

范培耕 主 编

陈 刚 兰 伟 副主编

北 京

冶金工业出版社

2011

内 容 提 要

本书分热处理、电镀、涂料与涂装3篇共11章。其中,热处理部分主要介绍了金属材料及热处理的基本理论知识及实习实训过程中所涉及的主要工艺与设备;电镀部分主要介绍了电沉积的基本理论和常见的主要电镀工艺;涂料与涂装部分主要介绍了涂装前处理及涂料与涂装的主要工艺、配方及相关设备。

本书可作为金属材料及表面工程相关专业的实习实训教学用书,同时也可作为相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料工程实习实训教程/范培耕主编. —北京:冶金工业出版社, 2011. 8

高等学校“十二五”实验实训规划教材

ISBN 978-7-5024-5644-3

I. ①金… II. ①范… III. ①金属材料—高等学校—教材
IV. ①TG14

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第150725号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号, 邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 陈慰萍 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5644-3

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2011年8月第1版, 2011年8月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.25印张; 393千字; 249页

33.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

本书是根据工科类应用型本科院校金属工程专业教学计划编写的。“金属材料工程实习与实训”是金属工程专业的一个重要的实践环节，全过程包括三个方面的主要内容：热处理工艺与设备、电镀工艺与设备、涂装工艺与设备。

使用本书之前，应用型本科院校的学生应已修完“材料科学基础”、“热处理原理与工艺”、“工程材料”、“电镀工艺学”、“涂装工艺学”等专业课程，并对金属材料的理论和基本工艺等知识具有一定的理性认识。

本书的第1~4章由重庆科技学院冶金与材料工程学院范培耕老师编写，第5~6章由重庆科技学院冶金与材料工程学院陈刚老师编写，第7~11章由重庆科技学院冶金与材料工程学院兰伟老师编写。全书由范培耕担任主编，重庆理工大学叶宏教授担任主审，重庆科技学院冶金与材料工程学院周安若等相关老师对本书的内容也进行了审阅，并提出了许多宝贵的意见；重庆科技学院李燕伶、罗福顺、樊婷婷、杨攀等同志做了大量的资料收集和整理工作；本书在编写过程中得到了重庆科技学院冶金与材料工程学院朱光俊教授等相关领导的支持，在此一并表示感谢。

本书内容适合3~5周实习和2~3周实训教学的需要。为了方便读者加深对实习实训内容的理解，每章都附有一定量的设备布置图和设备结构图。

由于编者水平所限，若有不妥之处，希望读者提出宝贵意见。

编 者
2011年5月

目 录

第 1 篇 热处理

1 钢铁材料常识	1
1.1 钢的分类	1
1.2 钢的编号及表示方法	2
1.3 碳钢的用途	5
1.4 铸铁及其用途	6
1.4.1 灰口铸铁	7
1.4.2 可锻铸铁	8
1.4.3 球墨铸铁	9
2 钢的硬度试验	11
2.1 布氏硬度试验法	11
2.2 洛氏硬度试验法	12
2.3 维氏硬度试验法	13
3 热处理基础理论知识	15
3.1 钢的基本组织和性能	15
3.1.1 晶体、晶格、晶粒与晶界概念	15
3.1.2 纯铁的同素异晶转变	15
3.1.3 铁素体、奥氏体、渗碳体、珠光体	16
3.2 铁碳平衡图	17
3.2.1 铁碳平衡图的分析	17
3.2.2 碳对钢组织和性能的影响	20
3.3 钢在加热时的组织转变	21
3.3.1 奥氏体的形成	21
3.3.2 奥氏体晶粒的长大与控制	22
3.4 钢在冷却时的转变	24
3.4.1 钢在等温冷却时的组织转变	25
3.4.2 影响等温转变图的因素	27
3.4.3 钢在连续冷却时的转变	28

3.5 钢的热处理工艺	30
3.5.1 加热介质对热处理质量的影响	30
3.5.2 钢的退火和正火	32
3.5.3 钢的淬火	35
3.6 铸铁热处理	45
3.6.1 铸铁热处理的特点和目的	45
3.6.2 铸铁热处理的基本形式	46
3.7 合金钢的热处理	47
3.7.1 合金元素对钢热处理的影响	47
3.7.2 常用合金结构钢	51
3.7.3 常用合金工具钢	54
3.7.4 不锈钢	59
3.8 钢的表面热处理与发黑	61
3.8.1 表面淬火	61
3.8.2 化学热处理	64
3.8.3 钢的发黑处理	68
4 热处理车间常用设备	72
4.1 加热炉的分类	72
4.2 盐浴加热炉	73
4.2.1 外热式盐浴炉	73
4.2.2 内热式电极盐浴炉	74
4.3 电阻加热炉	75
4.3.1 箱式电阻炉	76
4.3.2 井式电阻炉	77
4.3.3 井式气体渗碳电阻炉	78
4.4 控制气氛加热炉	80
4.4.1 控制气氛的种类和用途	80
4.4.2 控制气氛加热炉的结构要求	80
4.4.3 无罐控制气氛加热炉	81
4.5 冷却设备	81
4.6 辅助设备	82
4.6.1 矫直机	82
4.6.2 喷砂机	82
5 钢的宏观检验与金相检验概述	84
5.1 宏观酸浸试验	84
5.1.1 热酸浸试验设备	86
5.1.2 试片的取样和制备	86

5.1.3 热酸浸试验及其操作	87
5.1.4 常见的一些组织和缺陷	88
5.2 钢中非金属夹杂物的金相检验	94
5.2.1 非金属夹杂物对结构钢性能的影响	94
5.2.2 钢中常见夹杂物的性能和特征	94

第 2 篇 电 镀

6 电镀基本知识	99
6.1 概论	99
6.2 电镀工艺	100
6.2.1 金属零件镀前的表面准备	100
6.2.2 镀锌工艺与方法	104
6.2.3 镀镍工艺与方法	107
6.2.4 镀铬工艺与方法	112
6.3 电镀工艺设备	117
6.3.1 镀前表面处理设备	118
6.3.2 固定槽及挂具设计	120
6.3.3 电镀自动线	124
6.3.4 工艺辅助设备	125

第 3 篇 涂料与涂装

7 涂料的品种与特性	129
7.1 涂料的组成与分类	129
7.1.1 涂料概念	129
7.1.2 涂料的组成与命名	129
7.1.3 涂料的分类与命名	130
7.2 硝基漆	131
7.3 醇酸树脂漆	132
7.4 氨基烘漆	133
7.5 环氧树脂漆	135
7.6 聚酯树脂漆	137
7.7 丙烯酸树脂漆	137
7.8 聚氨酯漆	139
7.9 乙烯基树脂漆	140

8 涂漆前表面处理	142
8.1 概述	142
8.2 除油	144
8.2.1 污垢种类及其吸附性	145
8.2.2 除油机理	145
8.2.3 水基清洗剂组成	146
8.2.4 清洗工艺	147
8.3 除锈	150
8.3.1 化学除锈	150
8.3.2 机械除锈	152
8.4 磷化处理	152
8.4.1 磷化膜的组成	152
8.4.2 磷化成膜机理	153
8.4.3 磷化膜的一般特性	157
8.4.4 磷化工艺和设备	161
8.4.5 磷化膜的防护性	163
8.5 塑料的表面处理	166
8.5.1 一般处理	166
8.5.2 化学处理	166
8.5.3 物理化学处理	167
8.5.4 塑料表面处理评价	167
9 喷涂技术与设备	168
9.1 空气喷涂	168
9.1.1 空气喷涂原理与特点	168
9.1.2 空气喷涂设备	168
9.1.3 空气喷涂工艺要点	170
9.2 高压无气喷涂	171
9.2.1 原理与特点	171
9.2.2 高压喷涂设备	171
9.2.3 高压喷涂工艺条件	172
9.2.4 改进型高压喷涂	174
9.3 静电喷涂	174
9.3.1 静电喷涂原理	174
9.3.2 静电涂装特点	175
9.3.3 静电喷涂设备及喷枪类型	175
9.4 各类喷漆室结构	177

10 涂料成膜与干燥	180
10.1 涂料成膜机理	180
10.1.1 非转化型涂料	180
10.1.2 转化型涂料	183
10.2 涂膜干燥方法	186
10.3 烘干设备	187
10.3.1 烘干室种类及烘干过程	187
10.3.2 对流式烘干设备	189
10.3.3 热辐射烘干设备	190
10.3.4 高效节能的高红外辐射固化技术	192
10.4 粉末涂料及涂装	194
10.4.1 粉末涂料技术	194
10.4.2 粉末涂装	198
10.4.3 粉末涂装工艺要点	200
10.5 电泳涂装	201
10.5.1 电泳涂料及其涂装原理	201
10.5.2 电泳涂装特点	203
10.5.3 电泳涂装工艺及参数控制要点	203
10.5.4 电泳涂装设备	206
11 涂装工艺的应用	208
11.1 涂装方法的选择	208
11.1.1 选择涂装方法主要考虑的因素	208
11.1.2 涂层质量标准	208
11.2 涂装技术在汽车生产中的应用	209
11.2.1 汽车车身涂层标准	209
11.2.2 轿车车身涂装工艺示例	209
11.2.3 汽车零部件涂装工艺	213
附 录	216
附录1 热处理工技能训练理论知识试题精选	216
附录2 热处理工操作技能试题精选	238
附录3 涂装工技能训练理论知识试题精选	241
附录4 涂装工操作技能试题精选	246
参考文献	249

第1篇 热处理

1 钢铁材料常识

钢铁是使用最广、用量最大的金属材料，它在工业、国防和农业等各方面得到了广泛的使用。钢铁材料应用比较广泛，其主要原因就在于它资源丰富，冶炼比较容易并具有许多优良的性能，又易于加工制造。此外，通过各种热处理方法可以改善和提高钢铁材料的力学性能，从而进一步扩大了钢铁材料的使用范围。

作为金属材料工程专业的技术人员，在生产中几乎每天都要和各种钢铁材料打交道。因此，在实习和实训过程中有关钢铁材料的常识应该成为必须学习和掌握的知识。这些知识不仅可以帮助我们理解常用钢铁材料的成分、组织、性能及热处理工艺之间的相互关系，而且有利于培养我们正确选择和合理使用材料、提高制订和掌握热处理工艺规范方面的能力。同时，对改进和提高产品质量也有着极为密切的关系。

1.1 钢的分类

钢和生铁都是由铁（Fe）和碳（C）两种主要元素所组成的合金。

除了铁和碳以外，合金中还含有极少量的锰（Mn）、硅（Si）、磷（P）及硫（S）等元素。其中 Mn、Si 是作为炼钢的脱氧剂而带入的，称为“常存元素”；P、S 是由炼钢原料中带入的，称为“杂质元素”。杂质元素的存在会给材料造成脆性，故被严格控制。

由此可见，对钢铁材料的性能产生主要影响的元素是碳。因此，钢和生铁就是以含碳量的不同加以区分的。

（1）碳钢：含碳量低于 2.11% 的铁碳合金称为碳素钢，简称“碳钢”。

（2）合金钢：在碳钢基础上为了改善某些性能而特意加入一种或几种其他合金元素所组成的钢称为合金钢，如加入铬、钨、钼、钒、硼、硅、钛等。

碳钢和合金钢不仅具有良好的力学性能，还可以承受各种形式的压力加工（如锻造、轧制、冲压等）来制造零件与工具，所以用途极为广泛。目前，合金钢主要用在受力大、形状复杂和截面较大的重要零件与工具的生产制造中。

（3）生铁：含碳量高于 2.11% 的铁碳合金称为生铁。生铁中不仅含碳量多，而且杂质元素的含量也比钢多，所以其性能较钢发生了很大的变化，是一种脆性材料。它不能承受各种形式的压力加工，一般只能通过铸造方法来制造零件。因此，习惯上又称它为“铸铁”。

为了便于人们选择、使用、加工和热处理等，需要对这些钢材进行合理的分类和编号。下面就常用的几种分类方法予以介绍。

(1) 按化学成分分类。

1) 碳钢：根据钢中含碳量的不同可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。

- 低碳钢——含碳量不大于 0.25%
- 中碳钢——含碳量为 0.25% ~ 0.65%
- 高碳钢——含碳量不小于 0.65%

2) 合金钢：根据钢中合金元素含量的不同可分为低合金钢、中合金钢和高合金钢。

- 低合金钢——合金元素总含量不大于 5%
- 中合金钢——合金元素总含量为 5% ~ 10%
- 高合金钢——合金元素总含量不小于 10%

此外，根据钢中所含主要合金元素的种类，合金钢又可称为锰钢、铬钢、铬钼钢和钒钢等。

(2) 按用途分类。根据实际用途的不同，通常把钢分为结构钢、工具钢和特殊钢三类。

1) 结构钢：用以制造各种建筑结构和机械零件，如桥梁、船舶、传动齿轮、轴类零件等。这类钢的含碳量一般均不超过 0.7%。结构钢有碳素结构钢和合金结构钢之分。合金结构钢又可分为渗碳钢、调质钢、弹簧钢和滚珠轴承等钢种。

2) 工具钢：用以制造各种加工工具，如切削刀具（车刀、钻头、铣刀）、量具和模具等。这类钢含碳量一般均大于 0.7%。工具钢有碳素工具钢和合金工具钢之分。合金工具钢又可分为刃具钢（低合金刃具钢和高速钢）、量具钢和模具钢等钢种。

3) 特殊钢：这类钢有特殊的物理、化学或力学性能，如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。此类钢属于高合金钢。

(3) 按质量分类。钢材质量的高低并不一定取决于钢中合金元素的多少，而主要取决于钢中杂质元素含量多少、整个钢的成分和组织是否均匀一致以及内部与表面是否有缺陷等。根据钢材中杂质元素的含量，钢可分为：

1) 普通钢。这类钢含杂质元素较多，其中磷与硫均被限制在 0.045% 内，主要用作建筑结构和要求不太高的零件。

2) 优质钢。这类钢含杂质元素较少，其中磷与硫均被限制在 0.035% 内，大量用作机械零件和工具。

3) 高级优质钢。这类钢含杂质元素极少，其中磷与硫均被限制在 0.030% 以内，主要用作重要的零件和工具。

随着磷、硫含量的减少，钢的性能也就越好，但其价格也要相应提高。

磷与硫在钢中的作用表现为：磷在钢中能全部溶于铁素体内，使铁素体在室温下的强度升高，塑性下降，这就产生了冷脆性。硫在钢中以 FeS 形式存在，并分布在晶粒的周围晶界上。当钢材在 800 ~ 1200℃ 温度下进行轧制或锻造时，由于 FeS 的塑性差或熔化而造成晶界的开裂，这就产生了热脆性。

1.2 钢的编号及表示方法

我国钢产品的编号遵循汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字组合的原则。即：

(1) 钢号中的化学元素采用国际化学元素符号表示，如 Si、Mn、Cr 等，其中只有稀

土元素，由于含量不多但种类不少，不易一一分析出来，因此用“RE”表示其总含量；

(2) 产品名称、用途、特性和工艺方法等，采用汉语拼音字母表示，如表 1-1 所示。其中钢的质量等级有 A、B、C、D、E 五级。

表 1-1 常用钢产品的名称、用途、特性和工艺方法表示符号 (GB/T 221—2008)

名 称	采用汉字	采用符号	名 称	采用汉字	采用符号	名 称	采用汉字	采用符号
碳素结构钢	屈	Q	钢轨钢	轨	U	沸腾钢	沸	F
低合金高强度钢	屈	Q	铆螺钢	铆螺	ML	半镇静钢	半	b
易切钢	易	Y	汽车大梁用钢	梁	L	镇静钢	镇	Z
碳素工具钢	碳	T	压力容器用钢	容	R	特殊镇静钢	特镇	TZ
滚动轴承钢	滚	G	桥梁用钢	桥	Q			
焊接用钢	焊	H	锅炉用钢	锅	G			

各类钢的编号及表示方法如下：

(1) 碳素结构钢和低合金高强度结构钢。这两类钢的牌号均采用“表示屈服点的拼音首位字母 Q + 屈服点数值（单位为 MPa） + 质量等级 + 脱氧方法”等符号表示。例如碳素结构钢牌号表示为 Q235AF、Q235BZ 等；低合金高强度结构钢牌号表示为 Q345C、Q345D 等。

质量等级由 A 到 E，磷、硫含量降低，钢的质量提高。碳素结构钢牌号中表示镇静的符号“Z”和表示特殊镇静的符号“TZ”可以省略。低合金高强度结构钢都是镇静钢或特殊镇静钢，其牌号中没有表示脱氧方法的符号。

(2) 优质碳素结构钢。优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示。这两位数字表示钢中的平均含碳量的万分之几。例如，45 钢表示钢中平均含碳量为 $w(C) = 0.45\%$ ，08 钢表示钢中平均含碳量为 $w(C) = 0.08\%$ 。

含锰量较高的钢，需将锰元素标出，如 $w(C) = 0.50\%$ 、 $w(Mn) = 0.70\% \sim 1.00\%$ 的钢，其牌号为 50Mn。

沸腾钢、半镇静钢及专门用途的优质碳素结构钢，应在牌号后特别标出，如“20G”，即平均含碳量为 $w(C) = 0.20\%$ 的锅炉钢。

(3) 碳素工具钢。碳素工具钢的牌号以字母“T”后跟以表示含碳量的千分之几的数字表示，如平均含碳量 $w(C) = 0.8\%$ 的钢，其钢号为 T8。含锰量较高者，在牌号后标出“Mn”，如 T8Mn。高级优质碳素工具钢在牌号后加“A”，如 T10A。

(4) 合金结构钢。合金结构钢的牌号由三部分组成，即“数字 + 合金元素符号 + 数字”。前面的两位数字表示平均含碳量的万分之几。合金元素后面的数字表示合金元素的平均含量，一般以百分之几表示。当合金元素含量平均值小于 1.5% 时，牌号中一般只标注元素符号而不表明其含量；若其平均值为 1.5% ~ 2.5%、2.5% ~ 3.5%、3.5% ~ 4.5%、… 时，则在元素后面相应地标出 2、3、4、…。如为高级优质钢，则在牌号后面加“A”。如 $w(C) = 0.35\%$ 、 $w(Si) = 1.1\% \sim 1.4\%$ 、 $w(Mn) = 1.1\% \sim 1.4\%$ 的钢，其牌号为 20MnVB。

(5) 合金工具钢。合金工具钢的编号原则与合金结构钢大体相同，所不同的只是含碳量的表示方法不同。当平均含碳量 $w(C) \geq 1.0\%$ 时，不标出含碳量；当平均含碳量

$w(\text{C}) < 1.0\%$ 时, 则在牌号前以千分之几表示。如 CrMn 中 $w(\text{C}) = 1.3\% \sim 1.5\%$; 9Mn2V 中 $w(\text{C}) = 0.85\% \sim 0.95\%$ 。

合金工具钢中合金元素的表示方法与合金结构钢大体相同, 只有平均含铬量 $w(\text{Cr}) < 1.0\%$ 的合金工具钢, 其含铬量以千分之几表示, 并在数字前面加“0”, 以示区别。如 $w(\text{Cr}) = 0.6\%$ 的低铬工具钢的牌号为 Cr06。

在高速钢的牌号中, 一般不标出含碳量, 只标出合金元素含量平均值的百分之几, 如 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 等。

(6) 铬滚动轴承钢。铬滚动轴承钢牌号由“GCr + 数字”组成, 数字表示铬含量平均值的千分之几, 如 GCr15 就是铬的平均含量为 $w(\text{Cr}) = 1.5\%$ 的滚动轴承钢。

(7) 不锈钢与耐热钢。不锈钢与耐热钢(珠光体型耐热钢除外)的牌号由“数字 + 合金元素符号 + 数字”组成。通常, 前面的两位数字表示平均含碳量的万分之几, 如 95Cr18 表示平均含碳量为 $w(\text{C}) = 0.95\%$; 但当 $w(\text{C}) \leq 0.08\%$ 时, 以“06”表示, 如 06Cr19Ni10; 当 $w(\text{C}) \leq 0.03\%$ 时, 以“022”表示, 如 022Cr19Ni10; 当 $w(\text{C}) \leq 0.01\%$ 时, 以“008”表示, 如 008Cr30Mn2。钢中主要合金元素的平均含量以百分之几表示, 但在钢中能起重要作用的微量元素如 Ti、Zr、N 等也要在牌号中标出。

常见合金结构钢、碳素工具钢、合金工具钢的牌号见表 1-2 ~ 表 1-4。

表 1-2 常见合金结构钢及其化学成分

牌 号	元素含量/%								
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	Al	B
20Cr	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	0.70 ~ 1.00	—	—	—	—	—
18CrMnTi	0.16 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.80 ~ 1.10	1.00 ~ 1.30	—	—	0.06 ~ 0.12	—	—
40Cr	0.37 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	0.80 ~ 1.10	—	—	—	—	—
40MnB	0.37 ~ 0.44	0.17 ~ 0.37	1.10 ~ 1.40	—	—	—	—	—	0.001 ~ 0.005
38CrMoAlA	0.35 ~ 0.42	0.17 ~ 0.37	0.30 ~ 0.60	1.35 ~ 1.65	0.15 ~ 0.25	—	—	0.70 ~ 1.10	—
65Mn	0.62 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.90 ~ 1.20	—	—	—	—	—	—
60Si2Mn	0.57 ~ 0.65	1.50 ~ 2.00	0.60 ~ 0.90	—	—	—	—	—	—
50CrVA	0.47 ~ 0.54	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	0.80 ~ 1.10	—	0.10 ~ 0.20	—	—	—

表 1-3 碳素工具钢及其化学成分

牌 号	元素含量/%				
	C	Si	Mn	P (不大于)	S (不大于)
T7	0.65 ~ 0.74	0.15 ~ 0.35	0.20 ~ 0.40	0.035	0.03
T8	0.75 ~ 0.84	0.15 ~ 0.35	0.20 ~ 0.40	0.035	0.03
T9	0.85 ~ 0.94	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.035	0.03
T10	0.95 ~ 1.04	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.035	0.03
T11	1.05 ~ 1.14	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.035	0.03
T12	1.15 ~ 1.24	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.035	0.03
T13	1.25 ~ 1.35	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.035	0.03
T7A	0.65 ~ 0.74	0.17 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.03	0.02
T8A	0.75 ~ 0.84	0.17 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.03	0.02
T9A	0.85 ~ 0.94	0.17 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.03	0.02

续表 1-3

牌 号	元素含量/%				
	C	Si	Mn	P (不大于)	S (不大于)
T10A	0.95 ~ 1.04	0.17 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.03	0.02
T11A	1.05 ~ 1.14	0.17 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.03	0.02
T12A	1.15 ~ 1.24	0.17 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.03	0.02
T13A	1.25 ~ 1.35	0.17 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	0.03	0.02

表 1-4 常见合金工具钢及其化学成分

牌 号	元素含量/%						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
9SiCr	0.85 ~ 0.95	1.20 ~ 1.60	0.30 ~ 0.60	0.95 ~ 1.25	—	—	—
CrWMn	0.90 ~ 1.05	0.15 ~ 0.35	0.80 ~ 1.10	0.90 ~ 1.20	—	—	1.2 ~ 1.60
9Mn2V	0.85 ~ 0.95	≤0.35	1.70 ~ 2.00	—	—	0.10 ~ 0.25	—
Cr12MoV	1.45 ~ 1.70	≤0.4	≤0.35	11.0 ~ 12.5	0.40 ~ 0.60	0.15 ~ 0.30	—
5CrMnMo	0.50 ~ 0.60	0.25 ~ 0.60	1.20 ~ 1.60	0.60 ~ 0.90	0.15 ~ 0.30	—	—
W18Cr4V	0.70 ~ 0.80	≤0.4	≤0.40	3.80 ~ 4.40	—	1.00 ~ 1.40	17.5 ~ 19.0

1.3 碳钢的用途

在碳钢中，优质钢的质量较普通钢要好，且优质钢除了具有较高的力学性能指标外，热处理所占的地位和所起的作用也大为增加，因而优质钢的应用范围得到进一步扩大，它在当前的各个工业部门中用途很广，用量也很大。

(1) 优质碳素结构钢。这类钢的力学性能及大致用途见表 1-5。

表 1-5 优质碳素结构钢的力学性能及大致用途

牌 号	力 学 性 能							用途举例
	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 /%	断面收缩 率 ψ /%	冲击吸收功 A_{KU} /J	硬度 HB (≤)		
						热轧钢	退火钢	
10	335	205	31	55	—	137	—	这类低碳钢由于强度低，塑性好，易于冲压与焊接，一般用于不大的零件，如螺钉、螺帽、垫圈、小轴、销子、链等，通过表面渗碳与氰化处理可用作表面要求耐磨、耐蚀性的机械零件
15	375	225	27	55	—	143	—	
20	410	245	25	55	—	156	—	
25	450	275	23	50	71	170	—	
30	490	295	21	50	63	179	—	这类中碳钢的综合力学性能和切削加工性均较好，可用作各种机床零件；经热处理调质后，可用作受力较大的各类轴（如曲轴、主轴）、齿轮及农业机械中的犁铧等
35	530	315	20	45	55	197	—	
40	570	335	19	45	47	217	187	
45	600	355	16	40	39	229	197	
50	630	375	14	40	31	241	207	

续表 1-5

牌 号	力 学 性 能						用途举例	
	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 /%	断面收缩 率 ψ /%	冲击吸收功 A_{KU} /J	硬度 HB (≤)		
						热轧钢		退火钢
55	645	380	13	35	—	255	217	这类钢主要用于制造 轴、凸轴、车轮、板弹 簧、螺旋弹簧和钢丝 绳等
60	675	400	12	35	—	255	229	
65	695	410	10	30	—	255	229	
70	715	420	9	30	—	269	229	

(2) 碳素工具钢。这类钢的力学性能及大致用途见表 1-6。

表 1-6 碳素工具钢的力学性能及大致用途

牌 号	退火后的钢硬度	淬火后的钢硬度	用 途 举 例
	HB (≤)	HB (≤)	
T7、T7A	187	62	制造能承受冲击力的工具，如凿子、小型简单的冲模、中心冲、风动工具、锻模、钳子、手锤、虎钳钳口等
T8、T8A	187	62	
T9、T9A	192	62	
T10、T10A	197	62	制造不受冲击力和要求高硬度的工具，如锯条、铰刀、冷冲模、拉丝模、丝锥、板牙、刮刀、锉刀及小型简单的量具
T11、T11A	207	62	
T12、T12A	207	62	
T13、T13A	217	62	

1.4 铸铁及其用途

生产中实际应用的铸铁其含碳量一般在 2.5% ~ 4.0% 之间。

总体上看，铸铁的力学性能比钢差，这是因为铸铁中的石墨片是一种非金属夹杂物，它与金属相比力学性能极差（几乎可以看作零），因此，它的存在割裂了基体的连续性并造成应力集中。为此我们可将铸铁看作内部布满了大量孔洞的钢，显然，这是造成铸铁的力学性能比钢差的主要原因。

但是铸铁也具备下列几方面的优良的性能：

(1) 优良的铸造性能。铸造是生产复杂形状零件最经济的一种方法。铸铁具有熔点低、液态流动性好和凝固时收缩率小的特点，因此，凡是无法用锻造方法制造的零件，如中空壳体零件、变速箱外壳、进排气歧管、机床床身、支架、底座等都可用铸铁制造。

(2) 良好的切削加工性能。铸铁中石墨片的存在使切削易于脆断，同时石墨片本身有润滑作用，可以减轻刀具的磨损，延长刀具的使用寿命。

(3) 较好的耐磨性和消震性。耐磨性较好是由于石墨片的存在有利于润滑及储油。消震性是指石墨能迅速地将机械的震动能吸收，从而有利于减轻机器因长时间震动所受的损坏。

此外，石墨片对铸铁的抗压强度影响不大，因此铸铁的抗压强度往往为抗拉强度的三倍以上。这也就是铸铁适宜作受压机件的主要原因。

根据石墨（C）在铸铁中的存在形态不同，铸铁可分为灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁四大类。下面主要介绍常用的前三类铸铁。

1.4.1 灰口铸铁

灰口铸铁中的碳大部分以游离状态（即自由状态）存在，这种游离状态的碳称为石墨，石墨呈片状分布。因其断口呈灰色，故取名“灰口铸铁”。图 1-1 所示为灰口铸铁的金相显微组织。

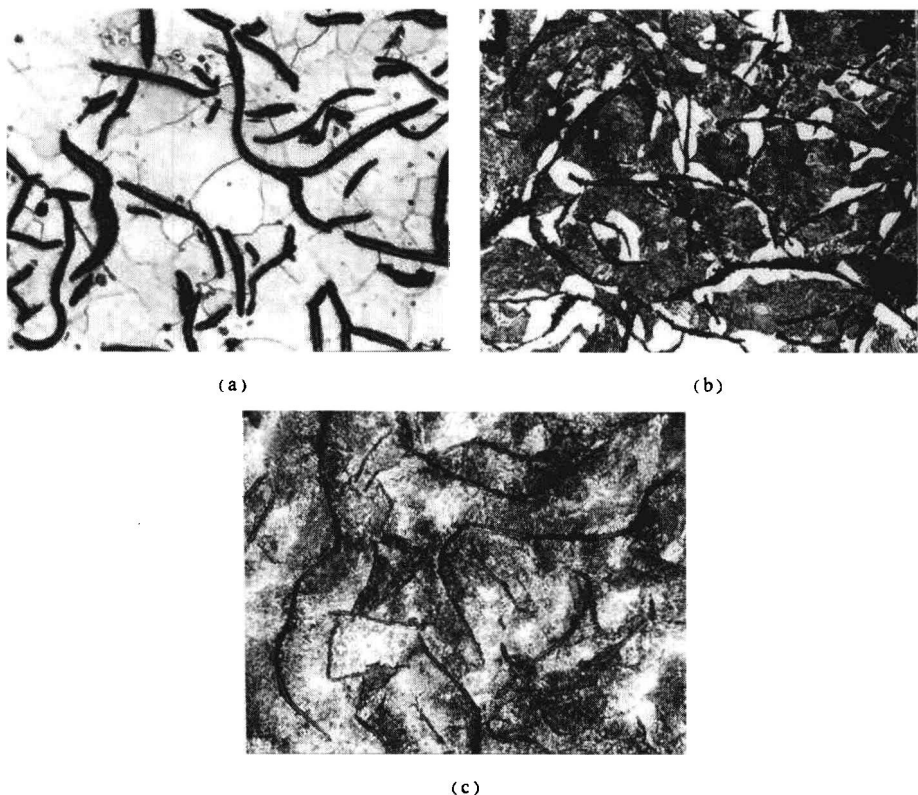


图 1-1 灰口铸铁的显微组织

(a) 铁素体灰口铸铁（100×）；(b) 铁素体 + 珠光体灰口铸铁（100×）；(c) 珠光体灰口铸铁（100×）

由于灰口铸铁具有上述良好的性能，加上其价格极低，所以除了少数铸钢和高级铸铁外，灰口铸铁的用途还是非常广泛的。常用灰口铸铁的牌号、力学性能及大致用途见表 1-7。

对灰口铸铁，通过各种热处理方法只能改变其内部的基体组织，不能改变石墨（C）在铸铁中的存在形态，因而对改善其机械性能的效果不大显著。故除了用普通的退火方法来消除铸件内应力外，其余的热处理方法很少使用。

表 1-7 灰铸铁的牌号、力学性能及用途

牌 号	铸铁类别	铸件壁厚 /mm	铸件最小抗拉强度 σ_b /MPa	适用范围及举例
HT100	铁素体灰铸铁	2.5 ~ 10	130	低载荷和不重要零件，如盖、外罩、手轮、支架、重锤等
		10 ~ 20	100	
		20 ~ 30	90	
		30 ~ 50	80	
HT150	珠光体 + 铁素体灰铸铁	2.5 ~ 10	175	承受中等应力（抗弯应力小于100MPa）的零件，如支柱、底座、齿轮箱、工作台、刀架、端盖、阀体、管路附件及一般无工作条件要求的零件
		10 ~ 20	145	
		20 ~ 30	130	
		30 ~ 50	120	
HT200	珠光体灰铸铁	2.5 ~ 10	220	承受较大应力（抗弯应力小于300MPa）的较重要零件，如汽缸体、齿轮、机座、飞轮、床身、缸套、活塞、制动轮、联轴器、齿轮箱、轴承座、液压缸等
		10 ~ 20	195	
		20 ~ 30	170	
		30 ~ 50	160	
HT250		4.0 ~ 10	270	
		10 ~ 20	240	
		20 ~ 30	220	
		30 ~ 50	200	
HT300	孕育铸铁	10 ~ 20	290	承受高弯曲应力（小于500MPa）及抗拉应力的重要零件，如齿轮、凸轮、车床卡盘、剪床和压力机的机身、床身、高压液压缸、滑阀壳体等
		20 ~ 30	250	
		30 ~ 50	230	
HT350		10 ~ 20	340	
		20 ~ 30	290	
		30 ~ 50	260	

1.4.2 可锻铸铁

为了改善灰口铸铁的力学性能, 除了可通过热处理方法来改变基体组织外, 另一途径就是设法改变石墨片的大小、形状、数量及分布情况。其中可锻铸铁就是将白口铸铁进行高温石墨化退火, 使石墨呈团状存在而得到的 (见图 1-2)。这种呈团状的石墨对基体组织的割裂作用等就要比片状石墨小得多, 故可锻铸铁比灰口铸铁具有较高的强度和较好的塑性与韧性。当载荷不大, 特别是对于薄壁、尺寸不大、形状复杂的零件, 通常可采用可锻铸铁, 如各种管接头、低压阀门、拖拉机、纺织机、汽车上的某些零件及机床附件等。

可锻铸铁的牌号是用“可铁”两字的拼音字母和两组数字组成。例如 KTH300-06, 其中第一组数字代表抗拉强度为 300MPa; 第二组数字代表伸长率为 6%。部分可锻铸铁的具体牌号及性能见表 1-8。