

G

O N G Y E S H E J I

工业设计

GONGYESHEJI

技术基础

JISHUJICHU

陈 慧 编 著

厦门大学出版社

工 业 设 计

技 术 基 础

陈 慧 编著

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工业设计——技术基础/陈慧编著. —厦门:厦门大学出版社,2002.12
ISBN 7-5615-2009-3

I. 工… I. 陈… III. 工业设计-基本知识 IV. TB47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 103474 号

厦门大学出版社出版发行
(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

[xmup @ public. xm. fj. cn](mailto:xmup@public.xm.fj.cn)

三明地质印刷厂印刷

2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:22 字数:556 千字

定价:38.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

陈慧，女，汉族，贵州省贵阳市人，1967年生。

1989年毕业于贵州工业大学，应届分配到贵阳耐火材料厂，1994年调至母校并任教至今。

在企业工作期间，独立主持的项目“脉冲输送设计”获厂级技术革新三等奖；在校任教期间，合作发表论文：《工业设计是现代工程设计的大革命》、《工程美术和新美育观浅谈》；独立发表论文《工程图形语义学教学改革及新体系的建立》，于1997年合作出版教材《工程图形语义学》，由北京科技出版社出版，并于2002年荣获贵州省高等教育教学成果三等奖。1997年至今一直从事图形学、机械测绘、技术基础及包装工艺与设备等的教学工作。



前言

技术基础是密切为工业设计专业服务的,必须以工业设计专业的宗旨为指导,不同于其他专业所学的机械基础课程。

工业设计是以人文主义的观点,艺术的手段去创造工业产品。它必须以高的世界观为指导思想,超越传统的任何一项工程技术去从事产品和环境工程的设计工作,它是工程中精神文化的创造者,是人类文化和科学技术高度发展并相互渗透的新学科。

我们必须将学生已经具备的文、史、哲的知识引向工程的选项、创意上来,将美术技能引向产品的创形上来,把多种工程实践知识引向产品的创能上来。因此要求学生熟练地掌握相应的机械结构的一般知识,常用机构(如平面连杆机构、凸轮机构、螺纹联接与举重螺旋机构、链、带轮传动机构、齿轮传动机构、液压传动机构)的组成形式和运动特性及其选用原则;同时研究各种通用机械零件(轴和键、轴承、联轴器与离合器、弹簧、减速器)的特点,结构及工作原理,选用原则,使用及维护等等,包含一些简单的计算,此外还简介一些常见的加工方法(如铸造、切削、焊接等),同时也介绍一些相关的国家标准和规范,从而使本专业的学生在创意、创形、创能的工作中能够主动考虑或讨论项目所涉及的各种工程技术问题。为该专业的后续课程及毕业设计打下坚实的基础。

书中大量插图由作者本人亲手绘制,特别强调学生的徒手绘图能力的培养,采用色彩分型的方法,使晦涩的工程结构在亮丽的色彩中显现更加清晰,使其配合及传动关系能一目了然,使学生能迅速将工程结构及机械一般知识用准确的图形语言描述出来,从而实现完整表达自己创意思想及设计思想的目的,它力图使形象思维与数理思维达到和谐统一,逐步形成工业与艺术设计的技术特色,以最大限度地满足其对机械技术的需求。为此增补了工程材料、液压传动等内容,其中第十三章轴承与第十五章弹簧是标准件且均已标准化,故节选自余长庚、卢玉明两教授主编的教材《机械设计基础》,第十八章常见的加工方法节选自邓文英教授主编的教材《金属工艺学》。在此,向这些老师们表示衷心的感谢!

本书成稿时,得到许多专家及老师的无私帮助和指导,对这种褒掖后学的精神,我深深地鞠一躬,以表达我崇高的敬意和诚挚的祝福。

作者

2002.6

目 录

前言

第一章 机械工程中的常用材料	1
§ 1—1 机械工程中常用的金属材料	1
一、工业用钢	1
二、铸铁	3
§ 1—2 机械工程中常用的非金属材料	4
一、高分子材料	4
二、工程塑料	5
三、合成橡胶与合成纤维	7
四、合成胶粘剂与涂料	7
§ 1—3 选材的一般原则与方法	8
一、选材的一般原则	8
二、选材的一般方法	8
第二章 平面四连杆机构	10
§ 2—1 平面四连杆机构的基本类型	10
一、平面机构的运动简图	10
二、铰链四杆机构	12
§ 2—2 四连杆机构的演化及应用	13
一、偏心轮机构	13
二、曲柄滑块机构	14
三、导杆机构	14
§ 2—3 机构死点及克服技术	15
第三章 凸轮机构	21
§ 3—1 凸轮机构的应用及分类	21
一、按凸轮的形状分	22
二、按从动件的形式分	22
§ 3—2 从动件的常用运动规律	22
一、等速运动	23
二、等加速等减速运动	24
三、简谐运动	25

四、摆线运动·····	26
第四章 螺纹联接与举重螺旋机构 ·····	28
§ 4—1 螺纹联接的类型及联接件·····	28
一、螺纹及其主要参数·····	28
二、螺纹副中力的关系、效率和自锁 ·····	30
三、机械制造中常用螺纹种类及标准·····	32
四、螺纹联接件的主要类型·····	34
§ 4—2 螺纹联接的防松装置·····	39
一、利用摩擦力的防松装置·····	39
二、用机械方法的防松装置·····	39
§ 4—3 螺旋传动和举重螺旋机构·····	40
第五章 带传动 ·····	44
§ 5—1 带传动的特点 ·····	44
§ 5—2 带传动的主要形式·····	45
一、开口传动·····	45
二、交叉传动·····	45
三、半交叉传动·····	46
§ 5—3 带传动的受力分析·····	46
§ 5—4 带传动的弹性滑动及传动比 ·····	47
§ 5—5 普通 V 带传动的设计计算 ·····	48
一、V 带的结构 ·····	48
二、普通 V 带的标准 ·····	49
三、单根 V 带能传递的功率 ·····	50
四、V 带传动的设计步骤及方法 ·····	51
§ 5—6 V 带轮结构及带传动的维护·····	55
一、V 带轮结构 ·····	55
二、V 带传动的维护 ·····	56
第六章 链传动 ·····	59
§ 6—1 链传动的特点·····	59
§ 6—2 链和链轮·····	59
一、链的种类和结构·····	59
二、链轮·····	61
§ 6—3 链轮传动的主要参数及其选择·····	62
§ 6—4 链传动的计算·····	64
§ 6—5 链传动的使用及维护·····	68
第七章 齿轮传动 ·····	70
§ 7—1 齿轮传动的应用及种类·····	70
一、按照两轮轴的相对位置分·····	70

二、按照齿轮传动的工作情况分	71
三、按照齿轮的圆周速度分	72
§ 7-2 齿廓啮合的基本定律	72
§ 7-3 渐开线及渐开线齿轮	73
一、渐开线的形成及其特性	73
二、符合齿廓啮合基本定律的渐开线齿轮	74
§ 7-4 渐开线标准齿轮的各部分名称及其基本尺寸	74
§ 7-5 一对渐开线齿轮的啮合	77
一、渐开线齿轮正确啮合的条件	77
二、渐开线齿轮的可分性	77
三、重合度	78
§ 7-6 齿轮的材料	79
§ 7-7 齿轮的构造	82
§ 7-8 轮齿切削加工方法的原理	85
一、仿形法	85
二、范成法	85
§ 7-9 根切、最少齿数及变位齿轮的概念	87
§ 7-10 轮齿的失效形式及计算准则	87
一、轮齿的失效形式	87
二、计算准则	89
第八章 圆柱齿轮传动	91
§ 8-1 圆柱直齿轮的图义技术	91
一、各部分名称及尺寸计算	91
二、绘图方法	93
三、轮孔、轮轴和平键的配合图	94
四、两齿轮啮合的图义技术	94
§ 8-2 圆柱直齿轮传动的强度计算	97
一、作用力的分析	97
二、圆柱直齿轮轮齿表面的接触疲劳强度计算	97
三、圆柱直齿轮轮齿的弯曲疲劳强度计算	99
§ 8-3 圆柱斜齿轮的图义技术	105
一、圆柱斜齿轮的形成原理	105
二、圆柱斜齿轮的齿距、模数及重合度	106
三、圆柱斜齿轮的画法	108
§ 8-4 圆柱斜齿轮传动的强度计算	109
一、作用力的分析	109
二、圆柱斜齿轮轮齿表面的接触疲劳强度计算	110
三、圆柱斜齿轮的弯曲疲劳强度计算	111

第九章 圆锥齿轮传动	116
§ 9—1 圆锥直齿轮的图义技术	116
一、圆锥直齿轮各部分名称及尺寸计算	117
二、圆锥直齿轮的背锥和当量齿数	117
三、圆锥基础形体的投影	119
四、圆锥直齿轮的图义法则	121
§ 9—2 圆锥直齿轮传动的强度计算	124
一、圆锥直齿轮作用力的分析	124
二、圆锥直齿轮轮齿表面的接触疲劳强度计算	126
三、圆锥直齿轮轮齿的弯曲疲劳强度计算	126
第十章 蜗轮蜗杆传动	129
§ 10—1 概述	129
一、蜗轮蜗杆的形成	129
二、蜗轮蜗杆机构的分类	130
三、蜗轮蜗杆传动的优缺点	130
§ 10—2 蜗杆的图义技术	130
一、圆柱蜗杆传动各部分名称及几何尺寸的计算	130
二、蜗杆的图义技术	134
§ 10—3 蜗轮的图义技术	135
一、蜗轮传动各部分名称及几何尺寸的计算	135
二、蜗轮的图义技术	136
三、蜗轮蜗杆啮合的图义技术	136
§ 10—4 蜗杆传动的运动及效率	137
一、蜗杆传动的运动学	137
二、蜗杆传动的效率	138
§ 10—5 蜗杆、蜗轮的材料及结构	139
一、蜗杆的材料及结构	139
二、蜗轮的材料及结构	139
§ 10—6 蜗杆蜗轮传动的强度计算	141
一、蜗杆传动的的作用力分析	141
二、蜗轮轮齿表面的接触强度计算	141
三、蜗轮轮齿的弯曲疲劳强度计算	143
§ 10—7 蜗杆传动的热平衡计算	144
§ 10—8 各种机械传动的比较	147
第十一章 轮系	149
§ 11—1 轮系及其分类	149
§ 11—2 定轴轮系	150
一、定轴轮系的传动比	150

二、定轴轮系的应用	151
§ 11—3 行星轮系	152
一、行星轮系的传动比	152
二、行星轮系的应用	154
§ 11—4 组合轮系简介	155
第十二章 轴和键	156
§ 12—1 轴的分类	156
§ 12—2 轴的结构及材料	157
一、轴的结构	157
二、轴的材料	161
§ 12—3 轴的图义技术	163
§ 12—4 轴的强度计算	166
§ 12—5 键的结构形式及其联接的图义技术	166
§ 12—6 花键联接	167
第十三章 轴承	169
§ 13—1 概述	169
§ 13—2 滑动轴承的结构	169
一、向心滑动轴承	170
二、推力滑动轴承	171
§ 13—3 滑动轴承的材料	172
一、金属	172
二、非金属	173
§ 13—4 润滑剂和润滑装置	173
§ 13—5 非全液体摩擦滑动轴承的计算	176
一、向心轴承	176
二、推力滑动轴承	177
§ 13—6 滚动轴承的结构	178
§ 13—7 滚动轴承的代号	179
§ 13—8 滚动轴承的主要类型及其选择	182
一、滚动轴承的主要类型及特点	182
二、滚动轴承的类型选择	184
§ 13—9 滚动轴承的失效形式及选择计算	184
一、失效形式	184
二、轴承寿命计算	185
三、轴承静载荷计算	188
§ 13—10 滚动轴承组合设计	189
一、轴承的固定	189
二、轴承的润滑和密封	191

三、轴承的配合与装拆	192
§ 13—11 滚动轴承和滑动轴承的比较	193
第十四章 联轴器与离合器及制动器	196
§ 14—1 联轴器的分类与应用	196
§ 14—2 刚性联轴器	196
一、夹壳联轴器	197
二、凸缘联轴器	197
§ 14—3 无弹性元件挠性联轴器	198
一、滑块联轴器	198
二、万向联轴器	199
三、齿式联轴器	200
§ 14—4 非金属弹性元件挠性联轴器	201
一、弹性套柱销联轴器	201
二、弹性柱销联轴器	202
三、轮胎式联轴器	203
§ 14—5 离合器与制动器的分类与应用	203
§ 14—6 牙嵌离合器	204
§ 14—7 摩擦离合器	205
§ 14—8 自动离合器	207
一、安全离合器	207
二、离心式离合器	208
三、定向离合器	209
四、液力离合器	210
五、磁粉离合器	211
§ 14—9 制动器	212
§ 14—10 离合器和制动器的操纵装置	213
第十五章 弹簧	216
§ 15—1 概述	216
§ 15—2 弹簧的制造、材料和许用应力	217
一、弹簧的制造	217
二、弹簧的材料	217
三、弹簧的许用应力	219
§ 15—3 圆柱螺旋拉伸、压缩弹簧的设计计算	219
一、弹簧的结构尺寸	219
二、弹簧的应力和变形计算	220
三、弹簧的设计计算步骤	222
第十六章 减速器	226
§ 16—1 减速器的分类及结构	226

一、减速器的型式	226
二、减速器的结构及润滑与密封	227
§ 16—2 减速器的图义技术	229
一、装配图的内容	229
二、装配图的特殊表达方式	229
三、装配图的尺寸标注	230
四、装配图中的零、部件序号和明细栏	230
五、装配结构的合理性简介	232
六、阅读装配图的步骤	232
七、画装配图的步骤	233
八、阅读装配图第二例——看齿轮油泵装配图	233
§ 16—3 减速器的测绘举例	243
第十七章 液压传动与控制简介	251
§ 17—1 液压传动的基本概念	251
一、液压传动与控制	251
二、液压传动与控制的组成	252
§ 17—2 液压技术的应用与优点	252
§ 17—3 液压系统的能源装置——油泵	253
§ 17—4 液压系统的执行装置——油缸、马达	254
§ 17—5 液压回路的控制元件——阀	255
一、液压回路的方向控制元件	255
二、液压回路的压力控制元件	255
三、液压回路的流量控制元件	256
§ 17—6 液压传动的介质简介	256
第十八章 常见的工艺方法	259
§ 18—1 铸造	259
一、铸造工艺基础	259
二、铸造方法	260
三、铸件结构与铸造方法的关系	261
§ 18—2 焊接	262
一、手工电弧焊的焊接过程	263
二、焊条的种类及编号	263
三、焊条的选用原则	264
四、焊接表示	264
§ 18—3 车削与钻镗的特点及应用	268
一、车削的工艺特点及其应用	268
二、钻削的工艺特点及其应用	269
三、扩孔和绞孔	273

四、镗孔	274
§ 18—4 常见热处理方法	276
一、退火	276
二、正火	277
三、淬火	278
四、回火	278
五、表面淬火	279
附录	281

第一章 机械工程中的常用材料

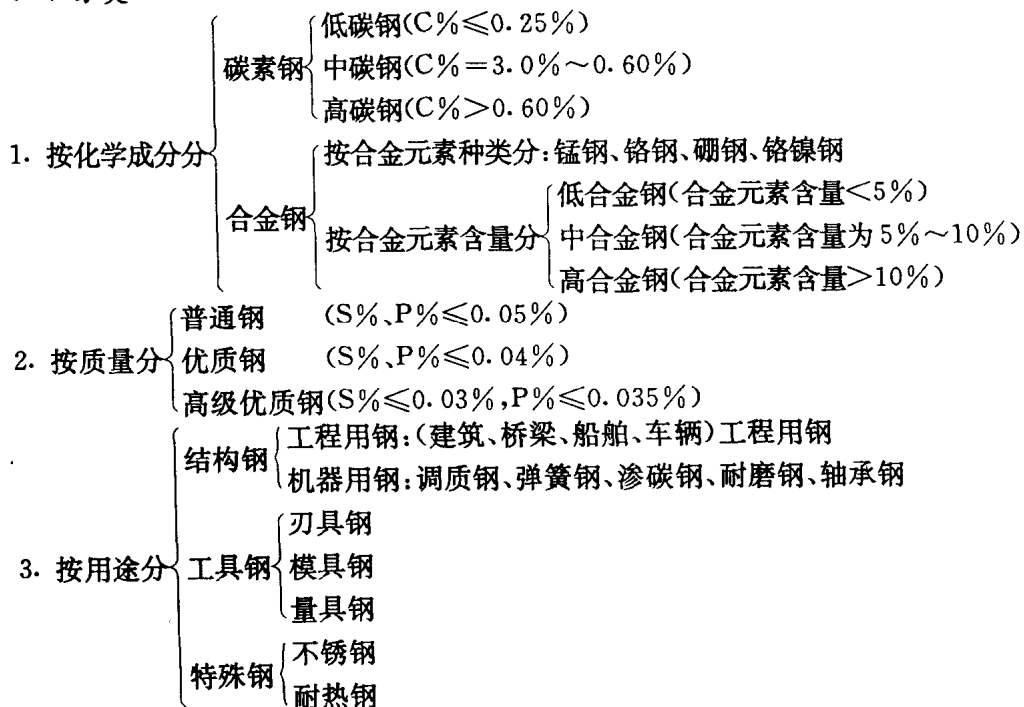
【重点了解机械工程中常用金属材料、非金属材料】

§ 1—1 机械工程中常用的金属材料

一、工业用钢

通常人们所说的钢铁材料是钢和铸铁的总称,泛指所有铁碳合金。工业用钢按其化学成分可分为:碳素钢(简称碳钢)和合金钢两大类。碳钢是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金,并含有少量锰 Mn、硫 S、硅 Si、磷 P 等杂质。它具有较好的力学性能及工艺性能,产量较大,价格低廉,是机械工程中应用最为广泛的金属材料之一。由于现代工业与科学技术的飞跃发展,对碳钢的力学性能和物理、化学性能就提出了更高的要求,即指的是碳钢经过热处理后都无法满足的要求,因此,在实际应用中,就在碳钢的基础上,特意加入某些合金元素(铬 Cr、硅 Si、锰 Mn、镍 Ni、钼 Mo、钨 W、钒 V)而得到多元的以铁为基的合金,称为合金钢,它具有比碳钢更优良的性能。

(一) 分类



(二) 结构钢

结构钢按照其用途可分为:工程用钢和机器用钢两类。

工程用钢主要用于各种工程结构,基本上是用普通碳素钢和普通低合金钢制造,其冶炼方式简便,成本低廉。

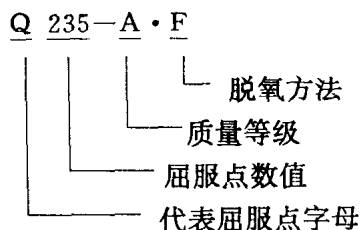
机器用钢一般必须经过热处理后才能使用,且大多是用优质碳素钢和合金结构钢制造,它主要用于制造机器零件。同时又可分为调质钢、渗碳钢、轴承钢、弹簧钢、和耐磨钢等等。

1. 普通结构钢

包括普通碳素结构钢和普通低合金结构钢两类。

(1) 普通碳素结构钢

分 ABCD 四个质量等级(A 最低、D 最高,指 S、Si、P 三种元素含量越少,等级越高)。这类钢一般只适用于工程用的热轧钢板、型钢、钢带、棒钢等。可供焊接、栓接、铆接构件等使用。它熔点低,易冶炼、工艺性能好,价格低廉,在力学上又能满足普通机械零件及一般工程结构的要求,因此说它的用量非常大,几乎占钢量的 70%。符号表示如下:



(2) 普通低合金结构钢

简称为普低钢,又称普通低合金高强度钢。普通——指普通质量,低合金——指合金元素含量小于 3%,高强度钢——指相对于普通碳素钢,其强度较高。

这类钢塑性好、焊接与铆接性能均好,大多为低碳钢。普低钢的钢号必须用两位数字后加合金元素的化学符号与数字来表示。如 16Mn、15MnTi 前两位数字表示平均碳量的万分之几,其后的化学符号表示含有的合金元素,元素符号后的数字表示该元素含量的近似百分数,并规定合金元素平均含量 $\leq 1.5\%$ 者不标数字。如 15Mn2, 12CrNi3

2. 优质结构钢

分为优质碳素结构钢和合金结构钢两种。属于优质钢和高级优质钢。

(1) 优质碳素结构钢

其硫、磷含量 $< 0.04\%$,质量级别高,经热处理后才能使用。用于制造较重要零件。钢号用两位数字表示;这两位数字表示钢中平均含碳量的万分之几,如 45 钢(A3)表示平均含碳量为万分之四十五,即 0.45%。这类钢按照锰的不同含量可分为:

普通含锰量(0.35%~0.8%)

较高含锰量(0.7%~1.2%),并在钢号后加“Mn”。如 20Mn,是优质碳素钢。其中沸腾钢用 F 表示,b 表示半镇静钢,Z 表示镇静、TZ 特殊镇静(F、b、Z、TZ 指脱氧方法)。一般钢号数值越大,则其强度越高,但其塑性会随之而降低。

08F 钢——含碳量偏低,塑性较好,成本低。通常用于制造用量大的冷冲压零件,如制作汽车外壳,仪器、仪表外壳等等。

10~25 钢——属于低碳钢范畴。具有良好冷冲压性及焊接性,常用来制造冲压件和焊接件。也可经渗碳及热处理后,使其表面硬度增大,而芯部有良好的韧性,再用于制造耐磨并能承受冲击载荷的零件。如齿轮、销、轴等的制造。

35~55 钢——属中碳钢。经调质处理后,可获得良好的综合力学性能。用于制造齿轮、轴类零件等。其中 45 钢的强度和塑性配合最好,所以在机械制造业中应用最广泛,发展前景也最好。

60~70 钢——属高碳钢。主要用于制造弹簧、钢丝绳等。

(2) 合金结构钢

一般合金结构钢分为以下几种:

渗碳钢:用于制造在冲击的磨损条件下工作的零件,如变速齿轮、凸轮、活塞销等,主要有 20Cr、18Cr2Ni4WA、20CrNi 等。

调质钢:经淬火与高温回火同时处理后,用于受力较复杂的重要结构零件的制造。如连杆、螺栓及各类轴类零件等。如 40CrNi、40Cr 等调质钢。

弹簧钢:用于制造贮存能量或缓和震动及冲击的弹簧,如 65Mn、60Si2Mn。

轴承钢:用于专门制造滚动轴承的钢。要求其耐磨性高、韧性高、抗腐蚀能力强、硬度高而匀(洛氏硬度 HRC61~65)。用 GCr+数字表示。如:GCr15;G 表示滚动轴承、15 表示含铬量为 1.5%(指含铬量的千分之几)。

耐磨钢:指在大冲击和磨损条件下使用。如球磨机的衬板、破碎机的颚板、挖掘机的斗齿、拖拉机履带、坦克履带及防弹钢板等,如铸钢 2GMn13。

3. 特殊性能钢

分为不锈钢及耐热钢两种。

不锈钢:抗腐蚀性能好,如 1Cr13、2Cr13,用于医疗器械,刀具等的制造。其中:0Cr13、1Cr17、1Cr28 等常用来制造耐腐蚀零件,在硝酸及氮肥工业中应用,1Cr18Ni9 则用于制造化工生产的某些设备及管道。

耐热钢:指具有抗高温氧化性、抗高温强度两方面含义,主要用于耐高温、抗氧化条件下零件的制造。如用 4Cr9Si2 及 4Cr10Si2Mo 等来制造重型汽车的汽阀等。

二、铸铁

是以铁和碳为主的合金。它性能优良,生产方法简便,价格低廉。应用极其广泛。凡具有耐热、耐蚀、耐磨等性能的铸铁称特殊性能铸铁。铸铁最常见的有灰口铸铁(HT),球墨铸铁(QT)两种,各种元素的含量为:

HT: 2.5%~4.0%C、1.0%~3.0%Si、0.25%~1.0%Mn、0.02%~0.2%S、0.05%~0.5%P;

QT: 3.8%~4.0%C、2.0%~2.8%Si、0.6%~0.8%Mn、<0.04%S、<0.1%P、0.03%~0.08%Mg

HT 250

表最低抗拉强度 $\geq 250 \text{ N/mm}^2$
表灰口铸铁

QT400-17

最低延伸率 $\delta \geq 17\%$
最低抗拉强度 $\sigma_b \geq 400 \text{ MN/m}^2$

灰口铸铁耐磨性及消震性好,工艺性能好,抗拉强度较低,可切削性好。球墨铸铁有良好的塑性与韧性,有较高的抗拉强度,弯曲疲劳极限较高,其刚性比 HT 好,但消震能力比 HT 差。各种铸铁的应用如表 1-1 所示

表 1-1

名 称		应 用 举 例
灰 口 铸 铁	HT100	用于铸造箱盖、下水管、外罩、底座、手轮、手把等;
	HT150	机械制造业中的一般铸件,如手轮、底座、刀架等; 机车用一般铸件,如水泵壳、阀盖、阀体等;
	HT200	一般运输机械的气缸盖、气缸体、飞轮、机床、床身等; 通用机械中承受中等压力的泵体、阀体、套筒、轴承座等的制造;
	HT250	用于制造箱体、缸体、齿轮、活塞等的制造;
	HT300	用于机床导轨、床身、机座、吸入盖、液压阀体、蜗轮、泵壳、水泵出口管、大型发动机的缸体、缸盖等等的制造;
	TH350	大型发动机缸体、缸盖、凸轮、阀体
球 墨 铸 铁	QT400-17 QT420-10	汽车、拖拉机底盘零件;阀门的阀体、阀盖等的常用材料
	QT500-05	用于制造油泵齿轮等
	QT600-02 QT700-02 QT800-02	用于制造:柴油机、汽油机的曲轴、磨床、车床、铣床等主轴、空压机、冷冻机的缸体、缸套。
	QT1200-01	汽车、拖拉机传动齿轮等的制造材料

§ 1—2 机械工程中常用的非金属材料

一、高分子材料

高分子材料是以高分子化合物为主要组成成分的材料。高分子化合物是指分子量很大的有机化合物,也常称聚合物或高聚物。

高分子化合物分天然物和人工合成物两种。天然的高分子化合物有松香、蛋白质、纤维素、天然橡胶等;人工合成的高分子化合物有各种塑料、合成纤维、合成橡胶等。而工程上使用的高分子材料主要是人工合成的。按其性能和用途分为: