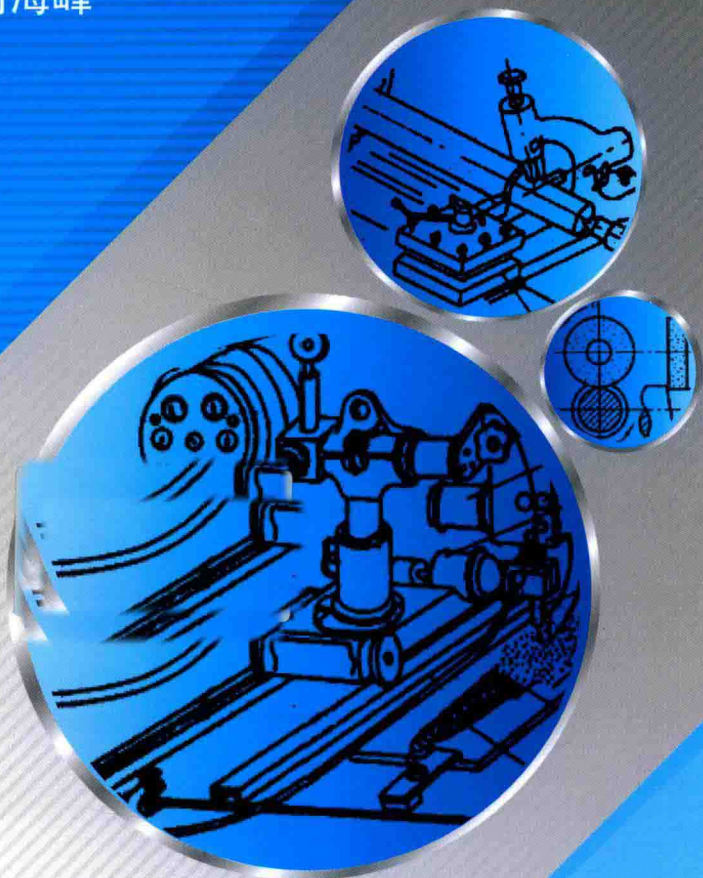




普通高校“十二五”规划教材
高等学校工程实训系列教材

工程实训

主 编 毛志阳
副主编 李月晶 刘海峰



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十二五”规划教材
高等学校工程实训系列教材

工程实训

主 编 毛志阳

副主编 李月晶 刘海峰

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部颁布的《工程材料及机械制造基础》的基本要求,并结合各高校工程训练中心的实训情况及作者多年的实践教学经验编写的。全书共 15 章,内容为工程材料基础知识,钢的热处理,铸造,锻压成型,焊接,切削加工的基本知识,车削加工,钳工与产品拆装,铣削、刨削、磨削和精密加工,数控加工技术,特种加工,粉末冶金与非金属材料成型工艺,快速原型制造,气动与液压,以及实训设备操作规程。

本书是高等工科学校机械类、近机类专业使用的教材,也可作为工科的高职和成人教育等学校使用或参考的教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程实训 / 毛志阳主编. — 北京:北京航空航天大学出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5124-1660-4

I. ①工… II. ①毛… III. ①工程技术—高等学校—教材 IV. ①TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 309677 号

版权所有,侵权必究。

工程实训

主 编 毛志阳

副主编 李月晶 刘海峰

责任编辑 李 青

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710 mm×1 000 mm 1/16 印张:19.5 字数:416 千字

2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-5124-1660-4 定价:45.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前言

本书是根据教育部颁布的《工程材料及机械制造基础》的基本要求编写的。近年来各高校都成立了工程训练中心,原有的金工实习转变为工程实训,从内涵和实践教学内容上都有很大突破。工程训练是高等工科院校相关专业学生的必修课程,是学生理论与实践相结合的极好机会。本书结合工程训练的具体实践教学内容拓宽了专业知识领域,为培养实用性、复合型人才的需求而编写。

本书的特点如下:

1. 以大工程为背景,由浅入深,使学生全面了解工业生产制造的基本知识,培养学生分析和解决实际问题的能力,有利于提高学生的工程素质和创新能力。

2. 内容丰富,包括工程材料、热处理、铸锻焊、基本机械制造技术、现代制造技术和非金属材料加工等。此外,还增加了数控技术、特种加工技术和非金属材料成型技术等方面的知识内容。

3. 每个章节后有复习思考题。

4. 重点突出,文字简练,叙述清楚,通俗易懂。

本书由长春工业大学、吉林大学的教师编写,参与编写的教师:于舵(第1、3章),赵健闯(第2、4、5章),李月晶(第6、7章),毛志阳(第8、9、15章),张卉(第10、11章),龙哲(第10章第4节、第11章第4节),李奇涵(第12章),李晓路(第13章),吕景忠(第14章第1、2节),李宝(第14章第3、4、5节),刘海峰(第15章)。

本书由毛志阳任主编,并负责全书通稿,李月晶任副主编。在编写的过程中参考了大量有关文献,在此向作者和出版社表示衷心感谢。

由于编者的水平和经验有限,书中难免出现不妥之处,恳请同行和读者批评指正。

编者
2015年1月

目 录

第 1 章 工程材料基础知识	1
1.1 工程材料概述及分类	1
1.2 金属材料的基本性能	1
1.2.1 金属材料的力学性能	1
1.2.2 金属材料的物理、化学及工艺性能	3
1.3 常用金属材料及其牌号	3
1.3.1 工业用钢	3
1.3.2 铸 铁	5
1.3.3 非铁金属	6
1.4 钢铁材料的常用鉴别方法	7
1.4.1 火花鉴别法	7
1.4.2 色标鉴别法	9
1.5 非金属材料及其在工程上的应用	10
复习思考题	13
2 章 钢的热处理	14
2.1 概 述	14
2.2 钢的热处理工艺	14
2.3 热处理新技术	16
复习思考题	17
第 3 章 铸 造	18
3.1 概 述	18
3.2 砂型铸造	18
3.2.1 型(芯)砂	19
3.2.2 造 型	20
3.2.3 造芯方法及浇注系统	27
3.2.4 合 型	29

3.2.5 金属的熔炼和浇注	29
3.2.6 铸件的落砂、清理和缺陷分析	30
3.3 特种铸造及铸造新工艺	32
3.3.1 熔模铸造	32
3.3.2 金属型铸造	33
3.3.3 压力铸造	34
3.3.4 离心铸造	35
3.3.5 实型铸造	35
复习思考题	36
第4章 锻压成型	38
4.1 概 述	38
4.2 锻造生产过程	38
4.2.1 坯料加热	38
4.2.2 锻件的冷却	41
4.2.3 热处理	41
4.3 自由锻	41
4.3.1 自由锻工具与设备	41
4.3.2 自由锻工序	43
4.3.3 典型自由锻锻件生产工艺实例	48
4.4 模锻与胎模锻	50
4.4.1 模 锻	50
4.4.2 胎模锻	51
4.5 板料冲压	52
4.5.1 板料冲压的特点和应用	52
4.5.2 冲压设备	52
4.5.3 板料冲压的基本工序	53
复习思考题	54
第5章 焊 接	56
5.1 概 述	56
5.2 焊接工艺基础	57
5.3 常用焊接材料	62
5.4 熔焊方法	64
5.4.1 手工电弧焊	64
5.4.2 气 焊	67
5.4.3 气体保护焊	69
5.4.4 埋弧自动焊	71

5.5 现代先进的焊接方法	72
5.5.1 等离子弧焊接	72
5.5.2 电子束焊接	73
5.5.3 激光焊接(laser welding)	74
5.6 切割	75
5.6.1 等离子弧切割	75
5.6.2 激光切割	75
5.7 焊接变形和焊接缺陷	75
5.8 焊接检验	77
复习思考题	79
第6章 切削加工的基本知识	81
6.1 概述	81
6.2 切削运动和切削用量	82
6.2.1 切削运动	82
6.2.2 切削用量	82
6.2.3 切削层参数	83
6.3 刀具材料及刀具的几何形状	84
6.3.1 刀具材料	84
6.3.2 刀具的几何形状	85
6.4 金属切削机床的分类与编号	89
6.4.1 机床型号的编制方法	89
6.4.2 机床的类别及其代号	89
6.4.3 机床通用特性代号	90
6.4.4 机床的组别和系别代号	90
6.4.5 机床主参数及其表示	90
6.5 常用量具及其使用方法	91
6.5.1 游标卡尺	91
6.5.2 百分尺	93
6.5.3 塞尺	94
6.5.4 直角尺	94
6.5.5 刀口尺	95
6.5.6 光滑极限量规	95
6.5.7 百分表	96
6.5.8 万能角度尺	96
6.6 零件加工质量及检测方法	97
6.6.1 精度	97

目 录

6.6.2 表面粗糙度	101
复习思考题	103
第7章 车削加工	104
7.1 概 述	104
7.2 卧式车床	105
7.2.1 车床的型号及组成	105
7.2.2 卧式车床的传动系统	106
7.2.3 车床的维护保养和安全操作规程	107
7.3 车 刀	107
7.3.1 车刀的种类和结构形式	107
7.3.2 车刀的刃磨	108
7.3.3 车刀的安装	109
7.4 工件安装及所用附件	109
7.4.1 三爪自定心卡盘安装工件	109
7.4.2 四爪单动卡盘安装工件	110
7.4.3 双顶尖安装工件	110
7.4.4 心轴安装工件	111
7.4.5 花盘安装工件	112
7.4.6 中心架和跟刀架的使用	112
7.5 车床操作基础	113
7.5.1 刻度盘的使用	113
7.5.2 粗车与精车	114
7.5.3 试切方法及步骤	115
7.6 车削加工	115
7.6.1 车外圆和台阶	115
7.6.2 车端面	117
7.6.3 孔加工	117
7.6.4 切槽和切断	119
7.6.5 车锥面	120
7.6.6 车回转成型面	122
7.6.7 车螺纹	123
7.6.8 滚 花	126
7.7 典型零件的车削工艺	126
复习思考题	128
第8章 钳工与产品拆装	129
8.1 概 述	129

8.1.1	工艺特点及其应用范围	129
8.1.2	常用设备	129
8.2	划 线	131
8.2.1	划线的用途和方法	131
8.2.2	划线工具和划线实例	132
8.3	锯 削	133
8.3.1	手锯与锯削	133
8.3.2	锯削实例	135
8.4	锉 削	136
8.4.1	锉刀结构及种类	136
8.4.2	锉削质量检查方法	138
8.5	钻孔、扩孔和铰孔	138
8.5.1	钻 孔	138
8.5.2	扩 孔	140
8.5.3	铰 孔	141
8.6	螺纹加工	141
8.6.1	攻螺纹	142
8.6.2	套螺纹	144
8.7	装配与拆卸	144
8.7.1	装配概述	144
8.7.2	装配过程及装配工作	145
8.7.3	装配实例	146
8.7.4	常用轴承的装配方法	147
8.7.5	机器的拆卸	147
	复习思考题	147
第 9 章	铣削、刨削、磨削和精密加工	149
9.1	铣 削	149
9.1.1	铣削运动及铣削要素	149
9.1.2	铣床及其附件	150
9.1.3	铣削加工方法	152
9.2	刨 削	157
9.2.1	刨床及刨削工作	157
9.2.2	插削和拉削	161
9.3	磨 削	162
9.3.1	普通磨削	162
9.3.2	磨削加工	168

目 录

9.3.3 高效磨削工艺	172
9.4 精密加工	173
9.4.1 刮 削	174
9.4.2 研 磨	176
9.4.3 其他精密加工简介	176
复习思考题	177
第 10 章 数控加工技术	179
10.1 概 述	179
10.1.1 数控加工简介	179
10.1.2 数控加工的特点	179
10.1.3 数控机床的工作原理	180
10.1.4 数控机床的组成及分类	181
10.1.5 数控机床的坐标系	183
10.1.6 数控编程基础	184
10.2 数控车削加工	188
10.2.1 数控车床简介	188
10.2.2 数控车削加工工艺过程	188
10.2.3 数控车床手工编程	189
10.2.4 综合实例	195
10.2.5 数控车床自动编程	196
10.2.6 数控车床加工操作	196
10.3 数控铣削加工	199
10.3.1 数控铣床简介	199
10.3.2 数控铣削加工工艺基础	200
10.3.3 数控铣削手工编程	203
10.3.4 数控铣床操作面板的功能与使用	209
10.4 数控加工中心	212
10.4.1 加工中心的分类	212
10.4.2 加工中心的切削加工范围	214
10.4.3 数控加工中心组成	214
10.4.4 加工编程实例	214
10.5 制定加工工艺,安排加工工艺路线示例	216
复习思考题	217
第 11 章 特种加工	218
11.1 概 述	218
11.1.1 特种加工的产生和发展	218

11.1.2 特种加工的特点	218
11.1.3 特种加工的分类	218
11.2 电火花加工	219
11.2.1 电火花加工的基本原理	219
11.2.2 电火花加工的基本条件	220
11.2.3 电火花成型机床简介	221
11.2.4 电火花成型加工的精度和表面质量	222
11.2.5 电火花成型加工的工艺特点和应用	222
11.3 数控电火花线切割加工	222
11.3.1 数控电火花线切割加工特点	222
11.3.2 数控电火花线切割加工的分类、加工范围、工具电极及夹具	222
11.3.3 数控电火花线切割加工原理	223
11.3.4 数控电火花线切割加工工件的一般步骤	224
11.4 激光加工	224
11.4.1 激光加工原理	224
11.4.2 激光设备组成	224
11.4.3 激光加工的应用	225
11.5 超声波加工	226
11.6 电解加工	228
11.7 电子束加工	230
11.7.1 电子束加工原理及特点	230
11.7.2 电子束加工的应用	230
11.8 离子束加工	231
11.8.1 离子束加工原理及特点	231
11.8.2 离子束加工的应用	231
11.9 水喷射加工	233
11.9.1 水喷射加工原理及特点	233
11.9.2 水喷射加工的应用	233
复习思考题	235
第 12 章 粉末冶金与非金属材料成型工艺	236
12.1 粉末冶金成型工艺	236
12.1.1 粉料制备	237
12.1.2 粉末成型方法	237
12.1.3 烧 结	240
12.1.4 后处理	241
12.2 塑 料	242

12.2.1 注射成型	244
12.2.2 挤出成型	246
12.2.3 模压成型	247
12.2.4 压注成型	248
12.2.5 真空成型	248
12.2.6 吹塑成型	249
12.3 橡胶成型工艺	250
12.3.1 橡胶的模压成型	250
12.3.2 压延成型	251
12.3.3 注射成型	252
12.4 陶瓷材料的成型工艺	252
12.4.1 注浆成型	253
12.4.2 可塑成型	254
12.4.3 压制成型	254
12.5 复合材料的成型工艺	255
12.5.1 树脂基复合材料成型	255
12.5.2 金属基复合材料成型	258
12.5.3 陶瓷基复合材料成型	259
复习思考题	262
第 13 章 快速原型制造	264
13.1 概 述	264
13.2 快速原型设备种类	265
13.3 快速成型应用	269
13.4 快速原型制造数据软件	269
13.5 快速原型制造实训	270
复习思考题	272
第 14 章 气动与液压	273
14.1 气动实训概述	273
14.1.1 实训台主要特点	273
14.1.2 基本结构组成	273
14.1.3 主要技术参数	274
14.1.4 调整及使用说明	274
14.1.5 实训注意事项	275
14.2 实训项目	275
14.2.1 手动、电控回路	275
14.2.2 PLC 控制实训回路	277

14.2.3 计算机控制实验项目	280
14.3 实例应用:数控加工中心气动系统	282
14.4 液压实训概述	283
14.4.1 液压系统的组成	284
14.4.2 液压系统安装	284
14.4.3 性能与特点	285
14.4.4 主要技术参数	285
14.4.5 实训注意事项	285
14.5 实训项目	286
14.5.1 溢流阀的二级调压回路	286
14.5.2 差动连接的增速回路	286
复习思考题	288
第 15 章 实训设备操作规程	289
15.1 车工安全操作规程	289
15.2 铣床安全操作规程	289
15.3 钳工安全操作规程	290
15.4 刨床安全操作规程	290
15.5 磨工安全操作规程	291
15.6 砂轮机安全操作规程	291
15.7 铸工安全操作规程	291
15.8 锻工安全操作规程	292
15.9 电焊安全操作规程	292
15.10 气焊、气割安全操作规程	292
15.11 热处理安全操作规程	293
附录	294
参 考 文 献	297

第 1 章

工程材料基础知识

1.1 工程材料概述及分类

材料是用来制造机器零件、构件和其他可供使用物质的总称。材料是人类生产和生活的物质基础。材料的发展推动人类社会的进步,工程材料的种类繁多,分类方法也很多,按其化学成分,材料可分为金属材料、无机非金属材料、有机非金属材料 and 复合材料。

1.2 金属材料的基本性能

金属材料是现代机械制造最主要的材料,在各种机床、矿山机械、冶金设备、动力设备、农业机械、石油化工和交通运输机械中,金属制品占 80%~90%。金属材料之所以获得如此广泛的应用,主要是由于它具有机器制造所需要的物理、化学和力学性能,并且可用较简便的工艺方法加工成适用的机械零件。

1.2.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的性能,如强度、硬度、塑性和冲击韧度等。

1. 强 度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形或断裂的能力。

进行拉伸试验可测定金属材料的力学性能。将标准拉伸试样(见图 1.1)夹持在拉伸试验机的两个夹头中,然后逐渐增加载荷,直至试样被拉断为止。将试样所受的载荷(F)和试样相应的伸长量(ΔL)的关系绘成曲线,称为拉伸曲线。如图 1.1 所示为低碳钢的拉伸曲线。

强度通常以应力形式表示,单位截面积上所受的力称为应力,用 σ 表示。

$$\sigma = F/S_0$$

(1) 屈服强度

屈服强度以 σ_s 表示, 即屈服点 S 处的应力值, 单位为 MPa。

$$\sigma_s = F_s / S_0$$

式中, F_s ——试样产生屈服现象时承受的载荷, N;

S_0 ——试样原始的横截面积, mm^2 。

由于许多金属材料(如高碳钢、铸铁等)没有明显的屈服现象, 所以工程中规定伸长率为 0.2% 塑性变形时的应力称为条件屈服强度(用 $\sigma_{0.2}$ 表示)。

(2) 抗拉强度

抗拉强度以 σ_b 表示, 是指材料在断裂前能承受的最大应力, 单位为 MPa。

$$\sigma_b = F_b / S_0$$

式中, F_b ——试样在拉断前承受的最大载荷, N;

S_0 ——试样原始的横截面积, mm^2 。

对于大多数机械零件, 工作时不允许产生塑性变形, 所以屈服强度是零件强度设计的重要依据; 对于因断裂而失效的零件(如脆性材料), 则用抗拉强度作为其强度设计的依据。

2. 塑性

塑性是金属材料在外力作用下, 产生永久变形而不破坏的能力。常用的塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。

$$\delta = (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$$

$$\psi = (S_0 - S_1) / S_0 \times 100\%$$

式中, S_0 ——试样原始的横截面积, mm^2 ;

S_1 ——试样断裂处的横截面积, mm^2 ;

L_0 ——试样原来的标距长度, mm;

L_1 ——试样拉断后的标距长度, mm。

3. 硬度

硬度是金属材料抵抗硬物侵入其表面的能力。金属的硬度是在硬度计上测定的。生产中常用的硬度表示法有布氏硬度和洛氏硬度两种。

(1) 布氏硬度(HB)

布氏硬度是用直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球, 在规定载荷 F 的静压力作用下, 压入试样表面并保持一定时间, 然后卸除载荷, 在试样上留下直径为 d 的压痕, 计算压痕单位面积上所承受的载荷的大小即为布氏硬度。试验时布氏硬度值可按压

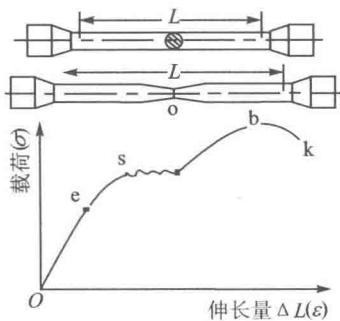


图 1.1 拉伸试样与低碳钢拉伸曲线

痕直径 d 直接查表得出。

布氏硬度法因压痕面积较大,其硬度值比较稳定,故测试数据重复性好,准确度高。缺点是测量费时,且因压痕较大,不适合成品检验。

(2)洛氏硬度(HR)

洛氏硬度的测试原理是以顶角为 120° 的金刚石圆锥体(或 $\phi 1.588\text{ mm}$ 淬火钢球)为压头,在规定的载荷下,垂直压入被测金属表面,卸载后依据压入深度,由刻度盘的指针直接指示出 HR 值。

洛氏硬度测试简单、迅速,因压痕小,可用于成品检验。它的缺点是测得的硬度值重复性较差,为此,必须在不同部位测量数次。

硬度测定设备简单,测试迅速,不损坏被测零件,同时硬度和强度有一定的换算关系,故在零件图的技术条件中,通常标注出硬度要求。

4. 冲击韧度

金属材料断裂前吸收的变形能量称为韧性。韧性的常用指标为冲击韧度。

1.2.2 金属材料的物理、化学及工艺性能

1. 物理性能

金属材料的物理性能主要有密度、熔点、热膨胀性、导热性和磁性等。由于机器零件的用途不同,对其物理性能的要求也有所不同。

2. 化学性能

金属材料的化学性能主要是指在常温或高温时,抵抗各种介质侵蚀的能力,如耐酸性、耐碱性和抗氧化性等。

3. 工艺性能

工艺性能是金属材料物理、化学性能和力学性能在加工过程中的综合反映,是指金属材料是否易于进行冷、热加工的性能。按工艺方法的不同,可分为铸造性、锻造性、焊接性和切削加工性等。

1.3 常用金属材料及其牌号

工程上所用的金属材料以合金为主,很少使用纯金属。合金是以一种金属为基础,加入其他金属或非金属,经过熔炼或烧结制成的具有金属特性的材料。最常用的合金是以铁为基础的铁碳合金,如碳素钢、合金钢和灰铸铁等;还有以铜或铝为基础的黄铜、青铜和硅铝明等有色金属材料。

1.3.1 工业用钢

工业用钢的种类很多,按化学成分可分为碳钢和合金钢。

1. 碳 钢

碳钢具有良好的力学性能和工艺性能,且价格低廉,一般能满足使用要求,应用非常广泛。碳钢的分类方法很多,按含碳量分可分为:低碳钢,含碳量小于0.25%;中碳钢,含碳量为0.25%~0.6%;高碳钢,含碳量大于0.6%。

碳钢中的杂质对钢的性能影响很大,特别是硫(S)和磷(P)。按钢中杂质的含量,碳钢又可分为:普通碳素结构钢,P的含量小于0.045%,S的含量小于0.050%;优质碳素结构钢,P的含量小于0.035%,S的含量小于0.035%;高级优质碳素结构钢,P的含量小于0.030%,S的含量小于0.030%。

按用途分,碳钢可分为碳素结构钢和碳素工具钢。碳素结构钢主要用来制造各类工程结构件和机器零件;碳素工具钢都是优质钢,主要用来制造工具、刀具、量具和模具等。

(1)碳素结构钢

1)普通碳素结构钢

普通碳素结构钢属于低碳钢和含碳较少的中碳钢。这类钢尽管硫、磷等有害杂质的含量较高,但性能仍能满足一般工程结构、建筑结构及一些机件的使用要求,且价格低廉,因此在国民经济各个部门得到广泛应用。

普通碳素结构钢的牌号以代表屈服点“屈”字的汉语拼音首位字母Q和后面三位数字来表示,如Q215、Q235等,每个牌号中的数字均表示该钢种在厚度小于16 mm时的最低屈服点(MPa)。

Q235是用途最广的普通碳素结构钢,属于低碳钢,通常热轧成钢板、型钢、钢管和钢筋等。常用来制造建筑构件、车辆,不重要的轴类、螺钉、螺母,冲压件,锻件和焊接件等。

2)优质碳素结构钢

优质碳素结构钢的硫、磷含量较低,主要用来制造较为重要的机件。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示,这两位数字即为钢中平均含碳量的万分数。例如,20钢表示平均含碳量为0.20%的优质碳素结构钢。

08、10、15、20和25等牌号属于低碳钢,其塑性好,易于拉拔、冲压、挤压、锻造和焊接。其中:20钢用途最广,常用来制造螺钉、螺母、垫圈、小轴及冲压件、焊接件,有时也用于制造渗碳件。

30、35、40、45、50和55等牌号属于中碳钢,其强度和硬度有所提高,淬火后的硬度可显著增加。其中,以45钢最为典型,它不仅强度、硬度较高,且具有较好的塑性和韧性,即综合性能优良。45钢在机械结构中用途最广,常用来制造轴、丝杠、齿轮、连杆、套筒、键、重要螺钉和螺母等。

60、65、70和75等牌号属于高碳钢。它们经过淬火、回火后,不仅强度、硬度提高,且弹性优良,常用来制造小弹簧、发条、钢丝绳和轧辊等。