



高职高专机电类专业规划教材

典型机械产品制造

肖爱武 林南 孟少明 主编

DIANXING
JIXIE CHANPIN ZHIZAO



化学工业出版社

高职高专机电类专业规划教材

典型机械产品制造

肖爱武 林南 孟少明 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材以就业为导向,以手锤、可调支座、平口钳、减速箱等典型机械产品的加工为主线,打破学科体系课程结构,紧紧围绕完成工作任务的需要选择课程内容;围绕与职业活动相关的“项目”工作过程展开教学,创设学习——工作情境,改变单纯学习知识的课程模式;学生经历典型机械产品加工完整的工作过程,并在与工作过程各要素的交互中,获得与实际工作过程有着紧密联系的带有经验性质的工作过程知识,并将个人技能、天赋与未来职业生涯发展联系起来,满足学生职业生涯发展的需要。

本教材的教学活动设计为四个学习情境,包含 18 个课业。学生在完成工作任务的过程中,引出相关课程理论知识,使学生加深对专业知识的理解和应用,并熟练掌握专业技能。

本教材适用于高职高专机电类专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

典型机械产品制造/肖爱武,林南,孟少明主编. —北京:
化学工业出版社, 2011. 6
高职高专机电类专业规划教材
ISBN 978-7-122-11201-9

I. 典… II. ①肖…②林…③孟… III. 机械制造-高等职业
教育-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 080629 号

责任编辑:高 钰
责任校对:陶燕华

文字编辑:张绪瑞
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 508 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前言

21 世纪的世界正在发生着深刻的变化,以知识为主导、以高新技术及其产业为基础和支撑的新经济正在涌现。随着我国经济全面与国际接轨,并正在成为全球制造业中心,我国制造业进入了一个空前蓬勃发展的新时期,这必然对掌握现代信息化制造技术的技术人才、特别是对大量的一线技术工人形成了巨大需求,也对高技能人才、对高职院校的人才培养提出了新的更高的要求。

《典型机械产品制造》课程的开发以机械制造企业的行业需求为逻辑起点,以工作过程为导向,以典型工作任务分析为依据,以真实工作任务为载体,以校企专家合作开发为纽带,以校内“双师型”教师和企业兼职教师为主导,以与企业共建学习情境为条件,以行动导向组织教学。

本教材以就业为导向,以手锤、可调支座、平口钳、减速箱等典型机械产品的加工为主线,打破学科体系课程结构,紧紧围绕完成工作任务的需要选择课程内容;围绕与职业活动相关的“项目”工作过程展开教学,工作情境改变单纯学习知识的课程模式;学生经历典型机械产品加工完整的工作过程,并在与工作过程各要素的交互中,获得与实际工作过程有着紧密联系的带有经验性质的工作过程知识,并将个人技能、天赋与未来职业生涯发展联系起来,满足学生职业生涯发展的需要。

本教材的教学活动设计为四个学习情境,包含 18 个课业。学生在完成工作任务的过程中,引出相关课程理论知识,使学生加深对专业知识的理解和应用,并熟练掌握专业技能。

本教材由肖爱武、林南、孟少明主编。

参加本书编写的有:肖爱武(学习情境三、四)、孟少明(学习情境一)、林南、焦建雄(学习情境二),湖南高精齿轮有限公司尹立明认真审核了本书的相关工艺,并提出了指导性意见。陈慧玲、李琴、薛拥军、卢国庆、陈晨、董卫国、高永卫、何鹏飞、刘容等老师参与了本书编写的相关工作。

本教材在编写过程中得到湖南化工职业技术学院机械工程系向寓华主任、各级领导和有关院校同行们的大力支持,谨表示衷心感谢!

由于本教材编写是一次教学改革,更限于编者水平,我们热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本书的不当之处给予批评,提出修改意见,并积极与我们联系,共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 jxjpk@126.com。

编者

2011 年 4 月

目 录

学习情境一 手锤制作

课业一 手锤加工方案的制定	1	【工作任务】	29
【工作任务】	1	【相关知识】	29
【相关知识】	1	一、锯削工具	29
一、钢的编号方法	2	二、锯削方法	31
二、常用金属材料	3	【任务实施】	33
三、选用工程材料	8	一、锯削准备	33
四、钳工入门	10	二、锯削	34
五、钳工常用设备	11	【检测评估】	35
【工作计划】	12	一、锯削质量分析	35
【拓展学习】	12	二、锯条损坏的原因	35
一、铁碳合金中的基本组织	12	课业五 锉削	36
二、钢中常存其他元素	14	【工作任务】	36
三、不锈钢	16	【相关知识】	36
四、耐热钢	17	一、锉削工具	37
课业二 划线	18	二、锉削方法	40
【工作任务】	18	【任务实施】	41
【相关知识】	19	一、装夹工件	41
一、划线工具	19	二、锉削	41
二、划线基准	22	【检测评估】	43
三、划线方法	22	一、检测圆弧面	43
【任务实施】	22	二、检测锉削平面	44
一、划线前的准备	22	三、检测尺寸精度	45
二、划线	23	课业六 钻孔	45
课业三 錾削	23	【工作任务】	45
【工作任务】	23	【相关知识】	45
【相关知识】	24	一、钻头	45
一、錾削工具	24	二、钻床	46
二、錾削方法	26	三、选用钻削用量	47
【任务实施】	26	四、选用钻削液	48
一、錾削准备	26	【任务实施】	49
二、錾削	26	一、装夹工件	49
【检测评估】	28	二、装夹钻头	50
一、检测尺寸精度	28	三、钻削	51
二、检测垂直度	29	【检测评估】	52
三、检测平面度	29	课业七 手锤热处理	53
课业四 锯削	29	【工作任务】	53
		【相关知识】	53

一、金属材料的力学性能	53	一、硬度检测	64
二、钢的常用热处理工艺	53	二、质量分析	65
三、热处理工序的位置安排	62	【拓展学习】	66
【任务实施】	62	一、热处理零件结构工艺分析	66
一、热处理安全技术	62	二、标注热处理技术条件	66
二、选择热处理设备	63	三、手用丝锥的选材及工艺路线 分析	66
【检测评估】	64		

学习情境二 加工可调支座

课业一 加工紧固螺钉	68	八、选用切削液	110
【工作任务】	68	【工作计划】	112
【相关知识】	68	一、图纸分析	112
一、车削入门	68	二、工艺过程	112
二、装夹轴类零件	71	【任务实施】	113
三、车外圆、端面、台阶	73	一、加工前准备	113
四、切断	76	二、钻孔	114
五、车槽	77	三、车削内孔	114
六、在车床上套螺纹	78	四、攻螺纹	115
七、滚花	80	【检测评估】	116
【工作计划】	81	一、质量检测	116
一、图纸分析	81	二、质量分析	117
二、工艺过程	81	【拓展学习】	118
【任务实施】	82	一、可转位车刀	118
一、文明生产与安全技术	82	二、深孔钻	122
二、安装工件	82	课业三 加工支座	123
三、安装刀具	83	【工作任务】	123
四、车削零件	84	【相关知识】	123
五、车床日常保养	87	一、圆锥基本参数	124
【检测评估】	88	二、标准工具圆锥	124
一、检测	88	三、车削圆锥方法	125
二、加工质量分析	89	四、选择车刀几何角度	128
【拓展学习】	90	五、减小工件表面粗糙度值的 方法	133
一、金属切削机床的分类与 型号	90	【工作计划】	136
二、其他车床	92	一、图纸分析	136
课业二 加工螺母	94	二、工艺过程	136
【工作任务】	94	【任务实施】	137
【相关知识】	94	一、车刀刃磨	137
一、车刀	94	二、车床一级保养要求	138
二、常用刀具材料	98	【检测评估】	138
三、切削用量	99	一、锥工件测量	138
四、装夹套类工件	102	二、质量分析	141
五、钻孔	105	【拓展学习】	141
六、车削内孔	107	一、积屑瘤	141
七、在车床上攻螺纹	109	二、倒棱	142

课业四	加工可调支座螺杆	144
	【工作任务】	144
	【相关知识】	144
	一、车削螺纹	144
	二、认识铣床	147
	三、铣削入门	150
	四、选用铣削用量	152
	五、在铣床上装夹轴类零件	154
	六、铣削 V 形槽	155
	【工作计划】	157
	一、图样分析	157
	二、工艺过程	157
	【任务实施】	158

一、车削螺纹	158
二、铣工安全操作规程	159
三、铣工文明生产要求	159
四、X5032 铣床基本操作	160
五、对刀方法	161
六、铣床日常维护与保养	162
【检测评估】	163
一、车削螺纹常见缺陷原因分析	163
二、V 形槽检测与评估	163
三、通槽的检测与评估	164
【拓展学习】	164
一、控制切屑	164
二、高速切削技术	167

学习情境三 加工平口钳

课业一	加工四方螺杆	169
	【工作任务】	169
	【相关知识】	169
	一、铣削多面体	169
	二、万能分度头的结构与功用	171
	三、分度头使用与维护	172
	【工作计划】	174
	一、图样分析	174
	二、工艺分析与计算	175
	三、工艺过程	175
	【任务实施】	176
	一、装夹工件	176
	二、装卸锥柄立铣刀	176
	三、使用分度头	176
	四、对刀与铣削	178
	五、润滑 X5032 铣床	179
	【检测评估】	179
	一、加工质量检测	179
	二、加工质量分析	180
课业二	加工滑块	180
	【工作任务】	180
	【相关知识】	181
	一、在铣床上装夹矩形工件	181
	二、铣削平面	182
	三、选择铣削方式	184
	【工作计划】	186
	一、图样分析	186
	二、工艺过程	186
	【任务实施】	187
	一、安装和校正平口钳	187

二、装卸直柄立铣刀	188
三、铣削工件	188
四、钻孔	189
【检测评估】	189
一、加工质量检测	189
二、加工质量分析	189
【拓展学习】	190
课业三 加工钳体	191
【工作任务】	191
【相关知识】	192
一、提高铣削精度的方法	192
二、加工直角沟槽	194
三、攻螺纹与套螺纹	195
四、选用切削液	198
【工作计划】	198
一、图样分析	198
二、工艺过程	199
【任务实施】	199
一、立铣头的“零位”校正	199
二、装卸面铣刀	199
三、铣削加工	200
四、保养铣床	202
【检测评估】	203
一、直角沟槽的检测与质量分析	203
二、螺纹的检测与评估	204
【拓展学习】	204
一、铣削 T 形槽	204
二、铣削燕尾槽（块）	204
三、切断	206

课业四	加工活动钳口	207	一、铣六面体	216
	【工作任务】	207	二、铣台阶	216
	【相关知识】	207	三、攻螺纹	216
	一、铣削台阶	207	四、加工孔	216
	二、孔加工	209	【检测评估】	217
	三、合理使用铣刀	212	一、台阶面的检测与评估	217
	【工作计划】	215	二、孔径的检测与评估	217
	一、图样分析	215	【拓展学习】	218
	二、相关尺寸计算	215	一、扩孔与铰孔	218
	三、工艺过程	216	二、镗孔	219
	【任务实施】	216	三、其他螺纹加工方法	222

学习情境四 减速箱加工工艺设计

课业一	输出轴工艺设计与加工	224	七、齿面热处理	271
	【工作任务】	224	八、齿轮精加工	273
	【相关知识】	224	【工作计划】	276
	一、认识机械制造	224	一、图纸分析	276
	二、机械加工工艺过程	226	二、基准选择	276
	三、选择轴杆类零件的材料及 毛坯	228	三、工艺过程	277
	四、外圆磨削	229	【检测评估】	278
	五、确定加工余量及工序尺寸	236	【拓展学习】	278
	【工作计划】	239	一、其他金属压力加工方法	278
	一、图样分析	239	二、板料冲压	279
	二、工艺过程	239	课业三	箱体加工工艺设计
	【任务实施】	241	【工作任务】	281
	一、车削加工	241	【相关知识】	284
	二、磨削加工	241	一、箱体零件加工要求	284
	【检测评估】	242	二、箱体铸造	285
	一、磨削质量检测	242	三、平面加工	291
	二、磨削质量评估	244	四、磨削导轨副	296
	【拓展学习】	245	五、孔系加工	297
	一、现代制造技术	245	六、拟定工艺过程的原则	300
	二、内圆磨削	247	【工作计划】	302
	三、工艺尺寸链计算	248	一、图纸分析	302
课业二	齿轮加工工艺的设计	251	二、基准选择	302
	【工作任务】	251	三、工艺过程	303
	【相关知识】	251	【检测评估】	303
	一、齿轮加工基本要求	251	一、各加工表面的粗糙度及外观	304
	二、锻造齿轮毛坯	252	二、孔的加工质量	304
	三、加工齿坯	259	三、平面的几何形状精度	305
	四、加工齿形	260	【拓展学习】	305
	五、加工齿端	267	一、特种铸造简介	305
	六、拉削键槽	268	二、各种铸造方法比较	306
			三、毛坯成形综合选材	307
参考文献				310

学习情境一 手锤制作

课业一 手锤加工方案的制定

【工作任务】

手锤零件图如图 1-1-1 所示, 材料为 45 钢, 试确定手锤制定加工方案。

毛坯: $\phi 35\text{mm} \times 102\text{mm}$ 。

工具：扁锉（平锉）、圆锉、半圆锉、锯弓、扁錾、锤子、样冲、划针、圆规、 $\phi 8$ 钻头等。

量具：游标高度尺、游标卡尺、 90° 角尺、刀口尺、钢直尺、厚薄规、半径样板。

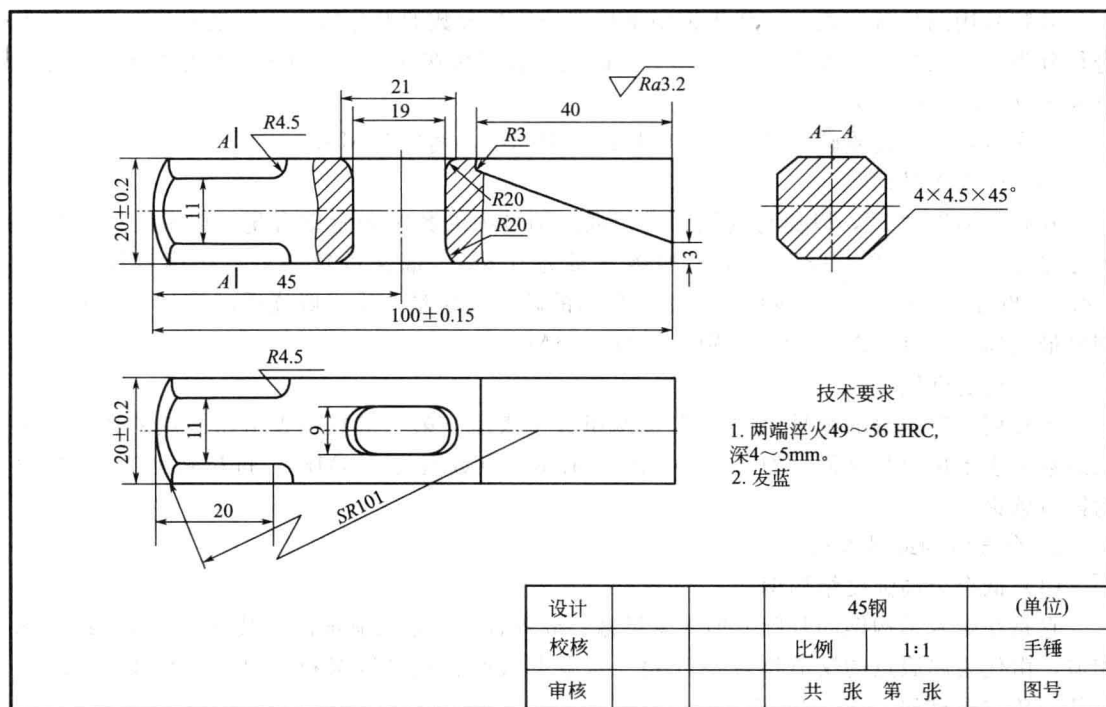


图 1-1-1 手锤零件图

【相关知识】

常用工程材料分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料主要包括钢、铸铁和有色金属；非金属材料是除金属材料以外的一切材料的总称，主要包括塑料、橡胶和陶瓷等。

以铁为主要元素,含碳量在 2.11% 以下,并含有其他元素的材料称为钢,它是工业中用量最大的金属材料。为了改善钢的力学性能、工艺性能和得到某些特殊的物理、化学性能,通过向钢中加入某些合金元素,便得到合金钢。

一、钢的编号方法

钢的牌号简称钢号,是对每一种具体钢产品所取的名称,是人们了解钢的一种共同语言。中国的钢号表示方法,根据国家标准《钢铁产品牌号表示方法》(GB 221—79) 中规定,采用汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字相结合的方法表示。即:

- ① 钢号中化学元素采用国际化学符号表示,例如 Si、Mn、Cr 等。
- ② 产品名称、用途、冶炼和浇注方法等,一般采用汉语拼音的缩写字母表示。
- ③ 钢中主要化学元素含量 (%) 采用阿拉伯数字表示。

1. 非合金钢的编号方法

(1) 碳素结构钢

碳素结构钢的牌号是由代表屈服点的字母 (Q)、屈服点数值 (单位 MPa)、质量等级符号 (A、B、C、D) 及脱氧方法符号 (F、b、Z、TZ) 四个部分按顺序组成。其中 F 表示沸腾钢; b 表示半镇静钢; Z 表示镇静钢; TZ 表示特殊镇静钢,镇静钢可不标符号,即 Z 和 TZ 都可标。例 Q235AF 表示 A 级沸腾钢。

(2) 优质碳素结构钢

其牌号用两位数字表示,代表钢中平均碳的质量分数的万分数。一般根据含碳量的多少进行分类,含碳量小于等于 0.25% 的为低碳钢;含碳量在 0.25%~0.6% 的为中碳钢;含碳量大于 0.6% 的为高碳钢。

锰含量较高的优质碳素结构钢,应将锰元素标出,例如 50Mn。

(3) 碳素工具钢

其牌号冠以“T”,以免与其他钢类相混。钢号中的数字表示碳含量,以平均碳含量的千分之几表示。例如“T8”表示平均碳含量为 0.8%。锰含量较高者,在钢号最后标出“Mn”,例如“T8Mn”。高级优质碳素工具钢的磷、硫含量,比一般优质碳素工具钢低,在钢号最后加注字母“A”,以示区别,例如“T8MnA”。

(4) 铸造碳钢

工程用铸造碳钢的牌号用“ZG”加两组数字表示。第一组数字表示屈服点的数值,第二组数字表示抗拉强度值。如 ZG200-400 表示屈服点数值为 200MPa,抗拉强度为 400MPa 的铸造碳钢。

2. 合金钢的编号方法

(1) 低合金高强度结构钢

它是在碳素结构钢的基础上加入少量锰、硅等合金元素而制成的。其牌号与碳素结构钢相似,由代表屈服点的汉语拼音字母 Q、屈服点数值、质量等级符号 (A、B、C、D、E) 三部分按顺序排列,如 Q390E。

(2) 合金结构钢

钢号开头的两位数字表示钢的碳含量,以平均碳含量的万分之几表示,如 40Cr。钢中主要合金元素,除个别微合金元素外,一般以百分之几表示。当平均合金含量 $<1.5\%$ 时,钢号中一般只标出元素符号,而不标明含量,但在特殊情况下易致混淆者,在元素符号后亦可标以数字“1”,例如钢号“12CrMoV”和“12Cr1MoV”,前者铬含量为 0.4%~0.6%,后者为 0.9%~1.2%,其余成分全部相同。当合金元素平均含量 $\geq 1.5\%$ 、 $\geq 2.5\%$ 、

$\geq 3.5\%$ ……时,在元素符号后面应标明含量,可相应表示为2、3、4等。高级优质钢应在钢号最后加“A”,以区别于一般优质钢。例如18Cr2Ni4WA。专门用途的合金结构钢,钢号冠以(或后缀)代表该钢种用途的符号。例如,铆螺专用的30CrMnSi钢,钢号表示为ML30CrMnSi。

(3) 合金工具钢

合金工具钢钢号的平均碳含量 $\geq 1.0\%$ 时,不标出碳含量;当平均碳含量 $< 1.0\%$ 时,以千分之几表示。例如Cr12、CrWMn、9SiCr、3Cr2W8V。高速工具钢的钢号一般不标出碳含量,只标出各种合金元素平均含量的百分之几。例如钨系高速钢的钢号表示为“W18Cr4V”。钢号冠以字母“C”者,表示其碳含量高于未冠“C”的通用钢号。钢中合金元素含量的表示方法,基本上与合金结构钢相同。但对铬含量较低的合金工具钢钢号,其铬含量以千分之几表示,并在表示含量的数字前加“0”,以便把它和一般元素含量按百分之几表示的方法区别开来。例如Cr06。

(4) 滚动轴承钢

在牌号前加“G”,表示滚动轴承钢类。高碳铬轴承钢钢号的碳含量不标出,铬含量以千分之几表示。例如GCr15。渗碳轴承钢的钢号表示方法,基本上和合金结构钢相同。

二、常用金属材料

常用金属材料分为黑色金属和有色金属两类。以铁为主要元素的金属材料为黑色金属,除以铁为主的黑色金属以外的金属材料,称为有色金属材料。

1. 非合金钢

非合金钢(俗称碳素钢),工艺性能良好,价格低廉,力学性能也能满足一般工程和机械制造中零部件的使用性能要求,是生产中应用最广泛的工程材料。

(1) 碳素结构钢

碳素结构钢中含有有害元素和非金属夹杂物较多,但因性能上能满足一般工程结构及普通零件的要求,故主要用于一般工程结构和普通机械零件。它通常轧制成钢板或各种型材供应,一般不经过热处理,在热轧状态下直接使用。典型牌号如下。

① Q195、Q215,通常轧制成薄板、钢筋供应市场。也可用于制作铆钉、螺钉、轻负荷的冲压零件和焊接结构件等。

② Q235、Q255,强度稍高,可制作螺栓、螺母、销子、吊钩和不太重要的机械零件以及建筑结构中的螺纹钢、型钢、钢筋等;质量较好的Q235C、Q235D级可作为重要焊接结构用材。

③ Q275钢可部分代替优质碳素结构钢25、30、35钢使用。

(2) 优质碳素结构钢

① 08、15、20钢属低碳钢。这类钢的强度、硬度较低,但塑性、韧性较高,具有良好的冷变形能力和焊接性能。低碳钢进行渗碳处理后,可获得表面硬度高、中心韧性好的性能,用于既要求耐磨又受冲击的零件。08F钢,碳质量分数低,塑性好,强度低,轧成薄板,主要用于冷冲压件如家电、汽车和仪表外壳;20钢,冷塑性变形和焊接性好可用于强度要求不高的零件及渗碳零件,例如机罩、焊接容器,小轴、螺母、垫圈及渗碳齿轮等。

② 30、35、40、45、50钢属中碳钢。这类钢经调质热处理后具有较高的强韧性,即综合的力学性能,其中以45钢应用最为广泛,常用于制造承受较大交变载荷与冲击载荷的机械零件,如齿轮、连杆、丝杆、主轴等。

③ 60、65钢属高碳钢。由于含碳量较高,经淬火及中温回火处理后,可获得较高的弹性及强度,并有一定的韧性,常用于制造各种尺寸较小的弹性零件(如弹簧)、车轮及受力

不大的耐磨件。

(3) 碳素工具钢

碳素工具钢（非合金工具钢）中碳含量为 0.65%~1.35%，其特点是生产成本低，加工性能优良，强度、硬度较高，耐磨性好，但塑性、韧性较差，此类钢一般以退火状态供应市场。使用时再进行适当的热处理。它主要用于制造手动切削工具、量具和不太重要的模具等，如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 碳素工具钢的牌号及应用（摘自 GB/T 1298—1986）

牌 号	用 途 举 例
T7、T7A	淬火回火后，常用于制造能承受振动、冲击，并且在硬度适中情况下有较好韧性的工具，如冲头、木工工具等
T8、T8A	淬火回火后，常用于制造要求有较高硬度和耐磨性的工具，如冲头、木工工具、剪刀、锯条等
T8Mn、T8MnA	
T9、T9A	用于制造一定硬度和韧性的工具，如冲模、冲头等
T10、T10A	用于制造耐磨性要求较高，不受剧烈振动，具有一定韧性及具有锋利刃口的各种工具，如刨刀、车刀、钻头、丝锥等
T11、T11A	
T12、T12A	用于制造不受冲击、要求高硬度的各种工具，如丝锥、锉刀等
T13、T13A	适用于制造不受振动、要求极高硬度的各种工具，如剃刀、刮刀、刻字刀具等

(4) 铸造碳钢

主要用于制造形状复杂，力学性能要求高，而在工艺上又很难用锻压等方法成形的比较重要的机械零件，例如汽车的变速箱壳，机车车辆的车钩和联轴器等，如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 常用工程用铸造碳钢的牌号（摘自 GB/T 11352—1995）

牌 号	用 途 举 例
ZG200-400	良好的塑性、韧性和焊接性，用于受力不大的机械零件，如机座、变速箱壳等
ZG230-450	一定的强度和好的塑性、韧性、焊接性。用于受力不大、韧性好的机械零件，如外壳、轴承盖等
ZG270-500	较高的强度和较好的塑性，铸造性良好，焊接性尚好，切削性好。用于轧钢机机架、箱体等
ZG310-570	强度和切削性良好，塑性、韧性较低。用于载荷较高的大齿轮、缸体等
ZG340-640	有高的强度和耐磨性，切削性好，焊接性较差，流动性好，裂纹敏感性较大。用作齿轮、棘轮等

2. 合金钢

在非合金钢的基础上有目的地加入一定量的一种或几种元素而获得的钢，就称为合金钢。

(1) 低合金高强度结构钢

低合金高强度结构钢具有良好的塑性、韧性、焊接性及较好的耐蚀性。但其成本与碳素结构钢相近，故在桥梁、船舶、高压容器、车辆、农业机械中推广应用广泛，如表 1-1-3 所示。

(2) 合金结构钢

合金结构钢是在优质碳素结构钢的基础上加入一些合金元素而形成的。常用的合金结构钢有渗碳钢、调质钢、弹簧钢、轴承钢等。

① 合金渗碳钢。经渗碳淬火加低温回火处理后，可获得高的表面硬度，且耐磨性好，心部具有足够的强度和韧性。主要用于制造受冲击的耐磨件，如汽车、拖拉机变速箱中的齿轮、传动轴等，如表 1-1-4 所示。

表 1-1-3 常用低合金高强度结构钢的牌号及应用（摘自 GB/T 1591—1994）

牌 号	应用范围
Q295	低、中压化工容器,低压锅炉汽包,车辆冲压件,建筑金属构件,输油管,储油罐,有低温要求的金属构件
Q345	各种大型船舶,铁路车辆,桥梁,管道,锅炉,压力容器,石油储罐,水轮机涡壳,起重及矿山机械,电站设备,厂房钢架等承受动载荷的各种焊接结构件。一般金属构件、零件
Q390	中、高压锅炉汽包,中、高压石油化工容器,大型船舶,桥梁,车辆及其他承受较高载荷的大型焊接结构件。承受动载荷的焊接结构件,如水轮机涡壳
Q420	中、高压锅炉及容器,大型船舶,车辆,电站设备及焊接结构件
Q460	淬火、回火后用于大型挖掘机、起重运输机械、钻井平台等

表 1-1-4 常用合金渗碳钢的牌号及应用（摘自 GB/T 3077—1999）

牌 号	应用举例
20Cr	截面在 30mm ² 以下、形状复杂、心部要求较高强度、工作表面承受磨损的零件,如机床变速箱齿轮、凸轮、蜗杆、活塞销、爪形离合器等
20Mn2	代替 20 钢制作小型渗碳齿轮、轴、轻载活塞销,汽车顶杆、变速箱操纵杆等
20CrMnTi	在汽车、拖拉机工业中用于截面在 30mm ² 以下,承受高速、中载荷或重载荷以及受冲击、摩擦的重要渗碳件,如齿轮、轴、齿轮轴、爪形离合器、蜗杆等
20MnVB	载荷较重的中小渗碳件,如重型机床上的齿轮、轴,汽车后桥主动、从动齿轮等
20MnTiB	20CrMnTi 的代用钢种,制作汽车、拖拉机上小截面、中等载荷的齿轮
20Cr2Ni4	大截面、较高载荷、交变载荷下工作的重要渗碳件,如大型齿轮、轴等

② 合金调质钢。对其进行调质热处理后,可获得优良的综合力学性能。常用于制造要求高强度和良好塑性与韧性相配合的重要零件,如机床主轴、曲轴、连杆、齿轮等,如表 1-1-5 所示。

表 1-1-5 常用合金调质钢的牌号及应用（摘自 GB/T 3077—1999）

牌 号	应用举例
40Cr	制造承受中等载荷和中等速度工作下的零件,如汽车后半轴及机床上齿轮、轴、花键轴、顶尖套等
40MnB	代替 40Cr 制造中、小截面重要调质件,如汽车半轴、转向轴、蜗杆及机床主轴、齿轮等
35CrMo	通常用作调质件,也可在中、高频表面淬火或淬火、低温回火后用于高载荷下工作的重要结构件,特别是受冲击、振动、弯曲、扭转载荷的机件,如主轴、大电机轴、曲轴、锤杆等
40CrNi	制造截面较大、载荷较重的零件,如轴、连杆、齿轮轴等
38CrMoAl	高级氮化钢,常用于制造磨床主轴、自动车床主轴、精密丝杠、精密齿轮、高压阀门,压缩机活塞杆、橡胶及塑料挤压机上的各种耐磨件
40CrNiMoA	要求韧性好、强度高及大尺寸的重要调质件,如重型机械中高载荷的轴类、直径大于 25mm 的汽轮机轴、叶片、曲轴等
0Cr2NiWA	200mm ² 以下要求淬透的大截面重要零件

③ 轴承钢。主要用于制造滚动轴承的内圈、外圈、滚动体和保持架。滚动轴承工作时,内、外圈与滚动体的高速相对运动使其接触面受到强烈的摩擦,因此要求所用材料具有高耐磨性;内、外圈与滚动体的接触面积很小,载荷集中作用于局部区域,使接触处容易压出凹坑,因此要求所用材料具有高硬度;内、外圈与滚动体的接触位置不断变化,受力位置和应力大小也随之不断变化,在这种周期性的交变载荷作用下,内、外圈和滚动体的接触表面会出现小块金属剥落现象,因此要求所用材料具有高的接触疲劳强度。此外,轴承钢还应有一定的韧性和淬透性。常用轴承钢的牌号及应用如表 1-1-6 所示。

表 1-1-6 常用轴承钢的牌号及应用 (摘自 GB 18254—2000)

牌 号	应用举例
GCr15	壁厚<20mm 中、小型套圈, ϕ <50mm 滚珠
GCr15SiMn	壁厚>30mm 的大型套圈, ϕ 50~100mm 滚珠

(3) 合金工具钢

按其用途不同,可分为以下几种。

① 量具刀具钢。常用钢种为 9SiCr。主要用于制造各种形状较为复杂的低速切削工具(如丝锥、板牙、铰刀等)及精密量具。

② 高速工具钢。常用钢种为 W18Cr4V。这类钢是红硬性、耐磨性较高的高合金工具钢,且具有一定的强度和韧性,常用来制造各种高速切削刀具,如齿轮铣刀、麻花钻、拉刀等。

③ 热作模具钢。常用钢种为 5CrMnMo。常用于制造使加热的固态或液态金属在压力下成形的模具。热作模具钢铸态碳化物分布不均匀,必须反复锻造,锻造后应进行球化退火处理,以降低内应力,改善切削加工性能。

④ 冷作模具钢。是指在常温下使金属材料变形成形的模具用钢,使用时其工作温度一般不超过 200 ~ 300℃。目前常用的冷作模具钢主要有 T10A、9SiCr、CrWMn、Cr12MoV 等。

3. 铸铁

铸铁是另一种应用广泛的铁碳合金。铸铁是含碳量大于 2.11%,并含有较多 Si、Mn 元素及 P、S 等杂质元素的铁碳合金。

根据碳在铸铁中存在形式的不同,铸铁可分为以下三大类。

① 白口铸铁。其断口呈白色,故俗称白口铸铁。这种铸铁性能硬且脆,难以切削加工,很少用来制造机器零件。

② 麻口铸铁。断口呈黑白相间的麻点,故称麻口铸铁。这类铸铁也具有较大的硬脆性,故工业上也很少使用。

③ 灰口铸铁。碳全部或大部分以游离状态的石墨存在铸铁中,因其断口呈灰色,故称灰口铸铁。它是工业中应用最为广泛的铸铁。

根据铸铁中石墨形态的不同,灰口铸铁又可分为灰铸铁(石墨呈片状)、可锻铸铁(石墨呈团絮状)、球墨铸铁(石墨呈球状)、蠕墨铸铁(石墨呈蠕虫状)四种。铸铁中不同形态的石墨组织如图 1-1-2 所示。

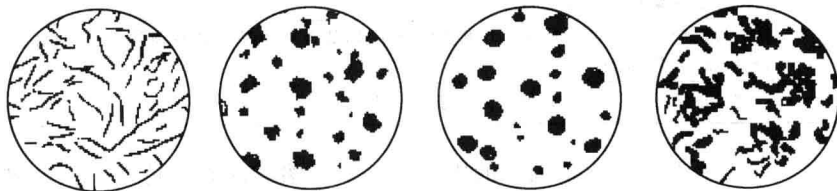


图 1-1-2 铸铁中不同石墨形态

(1) 灰铸铁

灰铸铁具有一定的强度,且具有良好的耐磨性、耐压性和减振性能,并且价格便宜,市场供应充足,是应用最为广泛的一类铸铁。灰铸铁的牌号是用“灰铁”的汉语拼音首位字母“HT”加三位数字表示,数字表示灰铁的最低抗拉强度。如 HT150 表示最低抗拉强度为

150MPa 的灰铸铁。常用牌号有: HT100, 适用于负荷小、对摩擦、磨损无特殊要求的零件; HT150, 适用于承受中等负荷的零件; HT200、HT250, 适用于承受较大负荷的零件。

(2) 可锻铸铁

可锻铸铁又称马铁, 它是将白口铸铁经石墨化退火而成的一种铸铁。由于其石墨成团絮状, 大大减轻了对基体的割裂, 故抗拉强度显著提高, 可锻铸铁就是因此而得名, 其实它并不是真的可以锻造。

可锻铸铁的牌号由三个字母加两组数字表示, 其中“KT”为“可铁”两字汉语拼音的首位字母, H、Z、B 分别表示黑心、珠光体、白心可锻铸铁, 两组数字分别表示材料的最低抗拉强度和最低伸长率。如 KTZ450-06 表示最低伸长率为 6%、最低抗拉强度为 450MPa 的珠光体可锻铸铁。

可锻铸铁韧性和耐性好, 适宜制造形状复杂、承受冲击的薄壁铸件及在潮湿环境中工作的零件。但因其生产过程较复杂, 且退火时间长, 生产率低, 能耗大, 成本高, 近年来不少使用可锻铸铁材料的场合已被球墨铸铁代替。

(3) 球墨铸铁

铁水经过球化处理而使大部分(或全部)碳呈球状的铸铁, 称为球墨铸铁。其力学性能比其他铸铁高, 并可与钢相媲美。其抗拉强度与钢大体相同, 屈服强度甚至高于 45 钢, 塑性、韧性低于钢, 但高于其他铸铁。此外, 还具有灰铸铁许多优良性能, 如耐磨性好、减振性好、缺口敏感性低等, 这是钢所不及的。

球墨铸铁的牌号由“QT”和两组数字组成, 其中“QT”是“球铁”两字汉语拼音首位字母, 后面两组数字分别表示材料的最低抗拉强度和最低伸长率。常用的牌号有: QT400-18、QT400-10, 适用于汽车拖拉机底盘零件、轮毂、电动机壳、联轴器、阀体、法兰等; QT500-7、QT600-3, 适用于电动机架、传动轴、直齿轮、链轮、连杆、曲柄等; QT900-2, 适用于汽车后桥中的高强度螺旋锥齿轮、内燃机曲轴、凸轮轴等。

(4) 蠕墨铸铁

蠕墨铸铁是一种新型铸铁, 其石墨呈短片状, 片断钝而圆, 似蠕虫。其力学性能介于基体相同的灰铸铁和球墨铸铁之间, 抗拉强度优于灰铸铁, 且具有一定的塑性和韧性, 但强度和韧性不如球铁。蠕墨铸铁的突出优点是导热性优于球铁, 而抗生长和抗氧化性较其他铸铁高。

蠕墨铸铁的牌号由“RuT”和三位数字组成, 其中“RuT”是“蠕铁”两字汉语拼音首位字母, 后面三位数字表示材料的最低抗拉强度。如 RuT400 表示最低抗拉强度为 400MPa 的蠕墨铸铁。

因蠕墨铸铁力学性能高、导热性和耐热性优良, 故适用于制造工作温度较高或具有较高温度梯度的零件, 如柴油机汽缸盖、制动盘、钢锭模、金属模等。

4. 有色金属

有色金属材料具有许多优良特性, 因而在科技和工程中也占有重要的地位, 是一类不可缺少的工程材料。有色金属品种繁多, 这里仅介绍机械工业中广泛使用的铝及其合金、铜及其合金、轴承合金等。

(1) 铝及铝合金

① 工业纯铝 纯铝具有银白色金属光泽, 密度为 2.72g/cm^3 , 熔点为 660°C , 具有良好的塑性、导电性、导热性和耐腐蚀能力。能承受各种冷、热加工处理, 工业中常用于配制铝合金或制作强度要求不高但具有导热、耐大气腐蚀的器皿, 如热交换器、散热器等。代表牌号主要有: L1、L2、L3、L4、L5、L6 等。

② 铝合金 纯铝不适宜做结构材料,但在纯铝中若加入适量的铜、硅、锰、镁、锌等元素形成合金,并经冷变形处理和热处理后可获得良好的力学性能。根据铝合金的成分和生产工艺特点,可将铝合金分为变形铝合金和铸造铝合金两大类。

变形铝合金是指经过冷、热压力加工形成各种型材、板材、线材等的铝合金。按 GB/T 1647—1996 规定,变形铝合金用“2~8+字母+数字”表示。其中 2~8 表示变形铝合金组别,依次表示主要合金元素为 Cu、Mn、Si、Mg+Si、Zn、其他元素;字母表示原始纯铝的改型情况,A 表示为原始纯铝,如为其他字母则表示为原始纯铝的改型;数字用来区分同一组中不同的铝合金,如 2A11 表示以铜为主要合金元素的变形铝合金。这类铝合金在许多场合都有所应用。

铸造铝合金有 Al-Si 系、Al-Cu 系、Al-Mg 系、Al-Zn 系四种,常用于制造飞机、仪器上的零件。

(2) 铜及铜合金

铜是工业上极为重要的有色金属材料之一,其熔点比铁还低。

① 纯铜 又称紫铜。具有优良的导电性和导热性,良好的塑性和耐腐蚀性,易于热压和冷压加工。但纯铜的强度不高,硬度较低,不宜作结构材料。

② 铜合金 是在纯铜中加入 Zn、Sn、Al、Mn、Ni、Fe、Ti 等合金元素所制成的。按化学成分分,铜合金可分为黄铜、青铜、白铜三大类。黄铜是铜与锌的合金,常用代号有 H68、H70、H80 等,主要用作弹壳和精密仪器。白铜是铜与镍的合金。除了黄铜和白铜外的其他所有铜基金合金都称为青铜,常用于制造弹性元件、耐磨零件,如弹簧、轴承、垫圈等。

(3) 轴承合金

轴承合金是用来制造滑动轴承中的轴瓦及内衬的合金。铸造轴承合金的牌号用“铸”字汉语拼音首字母“Z”+基体金属元素与主要合金元素的化学符号+主要合金元素名义质量分数表示,如 ZSnSb11Cu6 表示铸造锡基轴承合金,主加元素锑为 11%,铜为 6%,余量为锡。

三、选用工程材料

合理地选择和使用材料是一项十分重要的工作,它不仅要考虑材料的性能应能够适应零件的工作条件,使零件经久耐用,而且还要求材料有较好的加工工艺性能和经济性,以便提高机械零件的生产率,降低成本等。

1. 选用材料的一般原则

(1) 材料的使用性能

使用性能是指机械零件在使用条件下,金属材料表现出来的性能,它包括力学性能、物理性能、化学性能等。金属材料使用性能的好坏,决定了它的使用范围与使用寿命。零件在正常情况下,应完成设计规定的功能并达到预期的使用寿命。

(2) 材料的工艺性能

工艺性能是指机械零件在加工制造过程中,金属材料在所定的冷、热加工条件下所表现出来的性能。金属材料工艺性能的好坏,决定了它在制造过程中加工成形的适应能力。由于加工条件不同,要求的工艺性能也就不同,如铸造性能、可焊性、可锻性、热处理性能、切削加工性等。

① 铸造工艺性:包括流动性、收缩性、热裂倾向性、偏析性及吸气性等。

② 锻造工艺性:包括可锻性、冷锻性、冲压性、锻后冷却要求等。

③ 焊接工艺性:主要为焊接性,即焊接接头产生工艺缺陷的敏感性及其使用性能。

④ 切削加工工艺性:是指材料接受切削加工的能力,如刀具耐用度、断屑能力等。

⑤ 黏结固化工艺性：高分子材料、陶瓷材料、复合材料及粉末冶金制品，其黏结固化性是重要的工艺指标。

⑥ 热处理工艺性：包括淬透性、变形开裂倾向、过热敏感性、回火脆性倾向、氧化脱碳倾向等。

(3) 材料的经济性

应尽量选用价格比较便宜的材料。从材料本身的价格、材料加工费用、资源供应条件考虑，注意选用非金属材料。

材料的经济性主要从以下几个方面考虑。

① 材料本身价格应低。通常情况下材料的直接成本为产品价格的 30%~70%。

② 材料加工费用应低。非金属材料（如塑料）加工性能好于金属材料，有色金属的加工性能好于钢，钢的加工性能好于合金钢。

③ 提高材料利用率和再生利用率。在加工中尽量采用少切屑（如精铸、冷拉、模锻等）和无切屑新工艺，有效利用材料。

④ 使用过程的经济效益。在选材时，不能片面强调材料费用及制造成本，还需对材料的使用寿命予以重视。如蜗轮，大型齿轮的轮辐，轮毂用铸铁，齿圈用优质碳钢等。

2. 选材的方法与步骤

(1) 选材的方法

应以零件最主要的性能要求作为选材的主要依据，同时兼顾其他性能要求，这是选材的基本要求。

① 以要求较高综合力学性能为主时的选材 在机械制造中有相当多的结构零件，如轴、杆、套类零件等，在工作时均不同程度地承受着静、动载荷的作用，其失效形式可能为变形失效和断裂失效，所以这类零件要求具有较高的强度和较好的塑性与韧性，即良好的综合力学性能。一般选调质或正火的碳钢，调质或渗碳合金钢。

② 以疲劳强度为主时的选材 疲劳破坏是零件在交变应力作用下最常见的破坏形式，如发动机曲轴、齿轮、弹簧及滚动轴承等零件的失效，大多数是因疲劳破坏引起的。一般选中碳钢，调质后表面淬火。

③ 以抗磨损为主时的选材 可分为两种情况：一是磨损较大、受力较小的零件，其主要失效形式是磨损，故要求材料具有高的耐磨性，如钻套、各种量具、刀具、顶尖等，选用高碳钢或高碳合金钢，进行淬火和低温回火处理，获得高硬度的回火马氏体和碳化物组织，即能满足耐磨的要求；二是同时受磨损及交变应力作用的零件，其主要失效形式是磨损，过量的变形与疲劳断裂（如传动齿轮、凸轮等），一般选高碳钢淬火加低温回火或中碳钢渗碳或热处理。

(2) 选材的步骤

① 分析零件的工作条件及其失效形式，根据具体情况或用户要求确定零件的性能要求（包括使用性能和工艺性能）和最关键的性能指标。一般主要考虑力学性能，必要时还应考虑物理、化学性能。

② 对同类产品的用材情况进行调研

③ 查手册。

④ 初步选择。

⑤ 审核。

⑥ 找关键性零件。

上述选材步骤只是一般过程，并非一成不变。如对于某些重要零件，如果有同类产品可供参