



国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

工程训练 与创新制作简明教程

钱 桦 李琼砚 主编

Engineering Training
& Innovative Manufacturing Coursebook

中国林业出版社

国家林业局普通高等教育“十三五”规划

工程训练与创新制作简明教程

主 编 钱 桦 李琼砚

副主编 高道祥 田 野 李 宁

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程训练与创新制作简明教程 / 钱桦, 李琼砚主编. —北京: 中国林业出版社, 2016. 8
国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5038-8649-2

I. ①工… II. ①钱… ②李… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 182437 号

国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划、责任编辑: 张东晓

电话: (010)83143560

传真: (010)83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83143500

<http://lycb.forestry.gov.cn>

经 销 新华书店
印 刷 北京市昌平百善印刷厂
版 次 2016年8月第1版
印 次 2016年8月第1次印刷
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 13
字 数 324千字
定 价 29.00元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

前 言

工程训练是工科类专业尤其是机械工程、车辆工程等专业的必修实践环节。同时,创新制作训练是当前培养大学生创新能力和实践能力的重要手段之一。

本教材主要介绍了机械制作基础知识,如钢铁材料基本生产过程和金属加工基础知识。工程训练的主要内容为铸造、焊接、车工、钳工等。同时,还介绍了先进制造技术,如数控技术、慧鱼模型搭建等。创新训练部分主要包含两项内容,一是以板材成型和焊接技术为基础的铁艺制作,以激发学生的美学创新能力;二是通过智能小车的制作和在规规定场地的竞赛,锻炼学生综合运用工程训练中所学技能的能力并培养团队工作精神。

本教材的主要特点是:

①针对多数院校的现有条件,考虑继续发展的需要,针对机类、近机类工科专业,以传统机械制造方法为基本内容,增加了钢铁材料的基本生产过程及常用钢铁材料、零件加工基本流程、金属切削加工基础知识和常用量具及使用方法等内容,还包含有数控加工、虚拟焊接等先进制造技术的内容,充分体现了工程训练内容的系统性和完整性。

②本教材坚持叙述简练、深入浅出、形象直观、图文并茂,通俗易懂的特点,篇幅控制合理,重点突出。

③本教材配有相关内容的英语阅读资料,使得学生能在低年级就逐步接触和熟悉专业英语,也帮助学生从另外一种叙述方法上理解工程训练内容。

本教材既可作为高等院校机械设计制造及自动化专业、车辆工程专业的专业实习教材,也可供其他近机类或非机类专业的工程训练实习参考和选用。

本教材由北京林业大学钱桦、李琼砚担任主编并统稿,高道祥、田野、李宁担任副主编。本教材第1章由李琼砚、钱桦编写,第2~4章由钱桦、张向惠(北方工业大学)编写,第5、6章由李琼砚、于春战编写,第7章由高道祥编写,第8章由田野、李宁和吴健编写。本教材插图由工业设计专业李莹、章珊伟等同学完成。本教材主要参考资料之一是由李宁编写的北京林业大学金工实习教材(内部)。本教材所有英语阅读材料由刘楣(北京联合大学外语部)编审。

本教材编写中参考了国内外相关领域的文献资料,在此谨向本书所引用参考文献的原作者表示谢意。由于笔者理论水平及教学实践经验所限,书中可能存在不足之处,敬请读者指正。

编 者

2016年6月

目 录

前 言

第 1 章 机械制造基础知识	1
1.1 钢铁材料的基本生产过程及常用钢铁材料	1
1.1.1 钢铁材料的基本生产过程	1
1.1.2 常用钢铁材料	4
1.2 零件加工基本流程	4
1.3 英语阅读材料 No. 1	6
1.4 金属切削加工基础知识	6
1.4.1 切削三要素	6
1.4.2 技术要求	8
1.5 英语阅读材料 No. 2	9
1.6 常用量具及使用方法	10
1.6.1 游标卡尺	10
1.6.2 千分尺	11
1.6.3 直角尺	12
1.6.4 百分表	12
第 2 章 毛坯加工——砂型铸造	17
2.1 简介	17
2.2 砂型铸造安全操作规定	19
2.3 造型工具及砂型	20
2.3.1 砂箱及造型常用工具	20
2.3.2 型砂	20
2.4 手工造型——整模造型和分模造型	22
2.4.1 整模造型	22
2.4.2 分模造型	23
2.5 铸造工艺基本流程	23
2.6 砂型铸造常见缺陷	26
2.7 砂型铸造实习训练	26
2.8 英语阅读材料 No. 3	31

第3章 毛坯加工——锻造加工	34
3.1 锻造加工简介	34
3.2 锻工安全操作规定	36
3.3 锻造工艺简介	37
3.4 自由锻工艺过程	37
3.5 英语阅读材料 No. 4	39
第4章 焊接加工	42
4.1 焊接加工简介	42
4.2 手工电弧焊安全操作规定	44
4.3 手工电弧焊简介	45
4.4 手工电弧焊设备及工具	46
4.5 电焊条	47
4.6 手工电弧焊焊接过程及工艺	48
4.7 焊接质量	51
4.7.1 焊接常见缺陷	51
4.7.2 焊接工件质量检验	53
4.8 手工电弧焊实习训练	53
4.9 虚拟仿真焊接	55
4.10 其他常用焊接方法简介	57
4.10.1 埋弧焊	57
4.10.2 氩弧焊	58
4.10.3 CO ₂ 气体保护焊	59
4.10.4 电阻焊	59
4.11 英语阅读材料 No. 5	61
第5章 钳工加工	65
5.1 钳工加工简介	65
5.2 钳工实习安全注意事项	65
5.3 钳工工作台和虎钳	66
5.4 划线	67
5.4.1 划线工具及其用法	67
5.4.2 划线基准及注意事项	69
5.5 锯切	72
5.5.1 手锯结构	72
5.5.2 锯切的步骤和方法	72
5.6 锉削	75
5.6.1 锉刀及其使用方法	75

5.6.2	锉平面的步骤和方法	76
5.6.3	圆弧面的锉法	78
5.6.4	锉削操作注意事项	79
5.6.5	鑿切加工简介	79
5.7	钻孔、扩孔及铰孔	80
5.7.1	钻孔	81
5.7.2	扩孔	84
5.7.3	铰孔	85
5.8	攻丝和套扣	85
5.8.1	攻丝	85
5.8.2	套扣	87
5.9	钳工实习训练	87
5.9.1	六角螺母的制作	87
5.9.2	小锤子的制作	91
5.9.3	钳工装配	96
5.10	英语阅读材料 No. 6	100
第 6 章	车削加工	107
6.1	车削加工简介	107
6.2	车工实习安全操作规定	108
6.3	卧式车床	110
6.3.1	车床编号	110
6.3.2	卧式车床的组成	111
6.4	车刀及其安装	111
6.5	工件的安装及所用附件	113
6.5.1	三爪卡盘	113
6.5.2	四爪卡盘	114
6.5.3	顶尖	114
6.5.4	花盘的使用	115
6.5.5	心轴的使用	116
6.5.6	中心架和跟刀架的使用	116
6.6	车床操作要点	117
6.6.1	刻度盘及刻度盘手柄的使用	117
6.6.2	试切	118
6.6.3	粗车	119
6.6.4	精车	119
6.7	基本车削工作	119
6.7.1	车外圆	119

6.7.2	车台阶	120
6.7.3	车端面	120
6.7.4	切槽	121
6.7.5	切断	121
6.7.6	孔加工	122
6.7.7	车锥面	123
6.7.8	车螺纹	123
6.7.9	车成形面	125
6.8	车工实习训练	126
6.9	英语阅读材料 No. 7	129
第7章	数控加工	134
7.1	数控加工工艺简介	134
7.1.1	数控加工的概念和原理	134
7.1.2	数控加工的特点	134
7.1.3	数控机床的主要组成	135
7.1.4	数控机床的基本工作过程	137
7.2	数控铣削加工	138
7.2.1	数控铣实习的内容与要求	138
7.2.2	数控铣实习的注意事项	139
7.2.3	典型零件的加工过程	140
7.3	数控车床加工	143
7.3.1	认识数控车床	143
7.3.2	数控车编程基础	144
7.4	精雕实习	148
7.4.1	精雕加工的特点	148
7.4.2	精雕加工流程	149
7.4.3	精雕实习内容及要求	149
7.4.4	精雕实习的注意事项	150
7.4.5	平面胸牌的制作	150
7.5	英语阅读材料 No. 8	152
7.6	普通铣削加工阅读材料	153
7.6.1	铣削加工工艺概述	153
7.6.2	铣床简介	154
第8章	慧鱼工程模型及平面机构搭建	160
8.1	慧鱼装配部件的基本结构	161
8.1.1	基本构件	161

8.1.2 电气组件和气动组件	162
8.2 实习模型搭建	163
8.3 平面机构运动方案介绍	173
8.3.1 设备及工具	173
8.3.2 实训原理、方法与步骤	174
8.3.3 实验台运动副拼接方法	175
8.3.4 平面机构组合方案拼接训练	177
8.4 英语阅读材料 No. 9	180
第9章 创新制作	182
9.1 铁艺制作概述	182
9.1.1 “焊接工艺品”的设计制作要求	182
9.1.2 焊接工艺品设计方法介绍	183
9.2 铁艺品设计举例	185
9.3 铁艺制作基本设备简介	187
9.4 创新实践比赛	188
9.4.1 比赛简介	188
9.4.2 2015 年题目举例	189
9.4.3 附表	191
参考文献	196

第 1 章

机械制造基础知识

[本章提要] 本章介绍了钢铁材料的基本冶炼生产过程以及机械加工中常用的钢铁材料。介绍了零件从毛坯加工到机械加工的基本流程，同时还介绍了金属切削的基本知识和常用量具的使用方法。本章配有相关的英语阅读资料和实习报告。

1.1 钢铁材料的基本生产过程及常用钢铁材料

1.1.1 钢铁材料的基本生产过程

我们在生产和生活中广泛应用的钢铁材料是铁碳合金，是通过铁矿石冶炼(iron and steel smelting)而成。

铁元素是地壳中蕴藏量最大的金属元素，它具有强度高、韧性好、抗蚀性强、易提炼加工、易回收利用、对环境友好、生产成本低等诸多优点。在人类目前可以预见的未来，钢铁材料的特点决定了其具有不可完全替代的地位，也决定了钢铁行业作为人类生产和生活的基础性行业而不可或缺。

工业生产的铁根据含碳量分为生铁(含碳量 2% 以上)和钢(含碳量低于 2%)。基本生产过程是在炼铁炉内把铁矿石炼成生铁，再以生铁为原料，用不同方法炼成钢，再铸成钢锭或连铸坯。钢铁生产基本过程如图 1-1 所示。

炼铁是将铁矿石冶炼为生铁的生产过程。现代炼铁主要是高炉炼铁，如图 1-2 和图 1-3 所示，即把铁矿石(氧化铁)在高温下还原为生铁的连续生产过程。高炉冶炼用的原料主要由铁矿石、燃料(焦炭)和熔剂(石灰石)三部分组成。

生铁一般不能直接使用，因为其中的杂质多、含碳量高，材料脆性大，不能焊接、锻造和切削加工。少量生铁铸造成铸铁件使用，多数生铁经冶炼成为钢材使用。

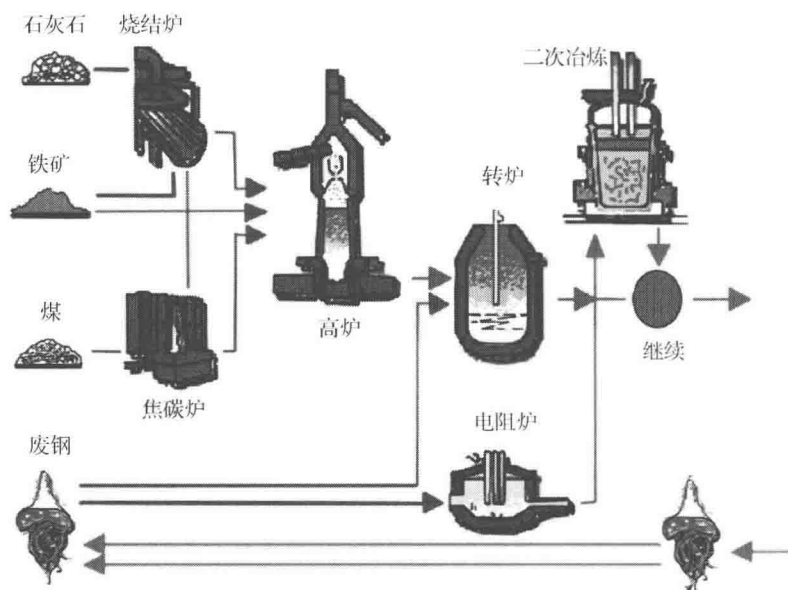


图 1-1 钢铁生产三大过程(炼铁—炼钢—轧钢)

炼钢原料为铁水、废钢、造渣剂与冷却剂、合金剂与脱氧剂等，经转炉或电炉冶炼成钢，如图 1-4 和图 1-5 所示。

炼钢获得的钢锭或连铸坯称为粗钢，要经过压力加工制成钢材才能使用，压力加工使钢坯的性能进一步提高。90%的钢锭是经过轧制成材。钢材是钢铁工业向其他

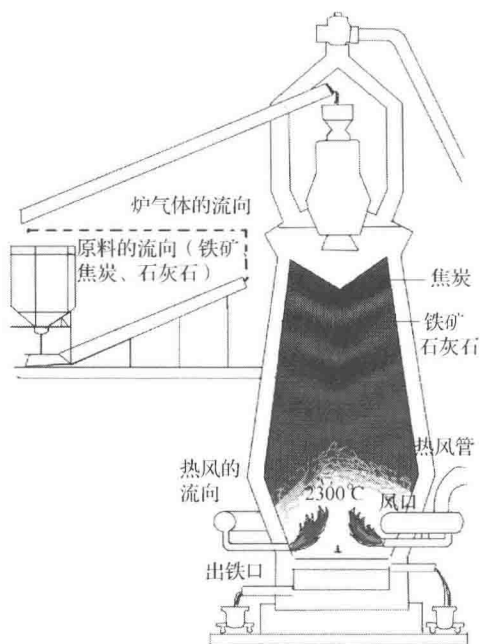


图 1-2 高炉炼铁示意图



图 1-3 高炉外景

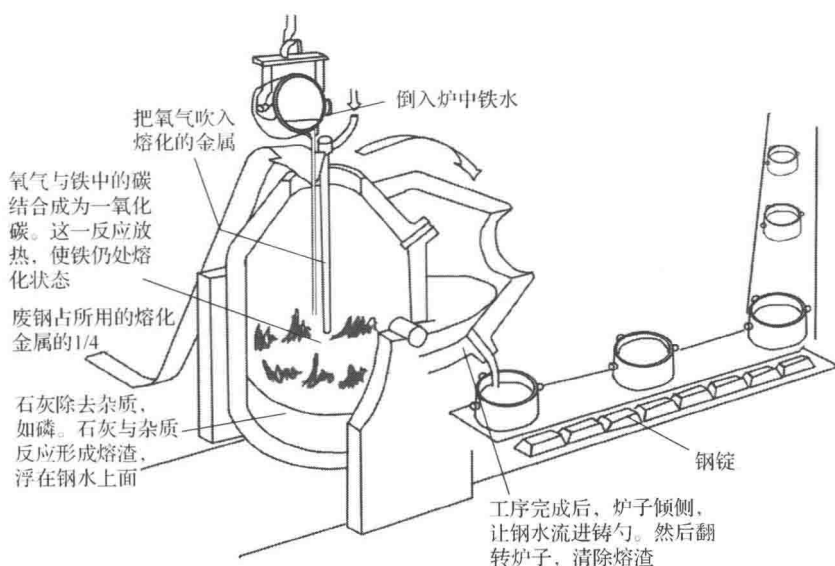


图 1-4 氧气顶吹转炉炼钢示意图

各行业提供的最终产品。我国钢材的主要品种：钢轨、型钢、角钢、螺纹钢、圆钢、线材、钢板、钢带、钢管等，如图 1-6 所示。

在旋转的轧辊间改变钢锭，钢坯形状的压力加工过程称为轧钢。轧钢的目的与其他压力加工一样，一方面是为了得到需要的形状，例如：钢板、带钢、线材以及各种型钢等；另一方面是为了改善钢的内部质量，我们常见的汽车板、桥梁钢、锅炉钢、管线钢、螺纹钢、钢筋、电工硅钢、镀锌板、镀锡板，包括火车轮都是通过轧钢工艺加工出来的，如图 1-7 和图 1-8 所示。

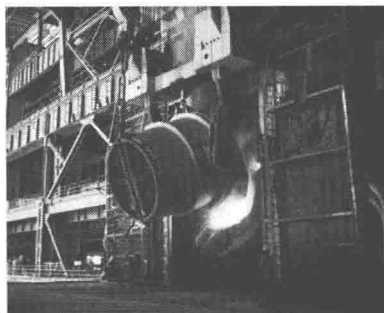


图 1-5 转炉炼钢外景图

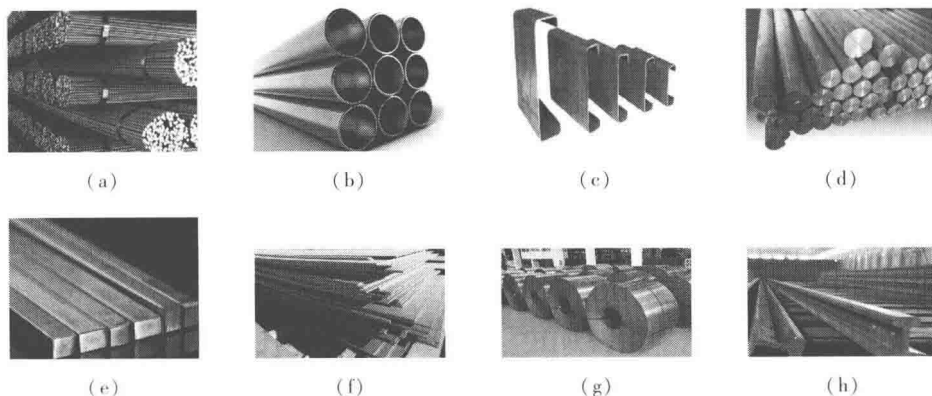


图 1-6 各种钢材

(a) 螺纹钢 (b) 钢管 (c) 型材 (d) 棒料 (e) 方钢 (f) 板材 (g) 钢带 (h) 钢轨

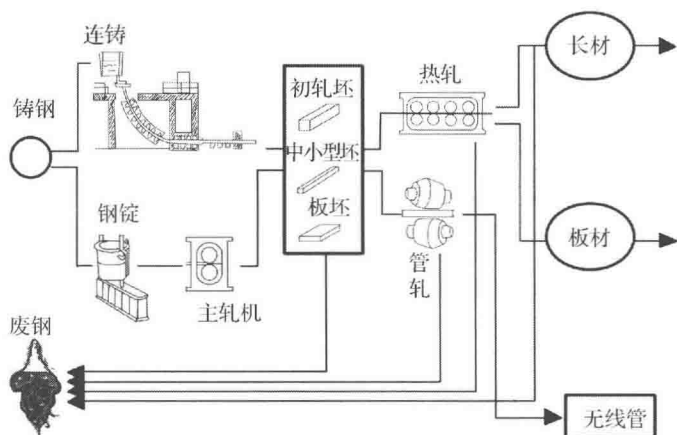


图 1-7 轧钢生产流程图



图 1-8 轧钢机组生产过程

1.1.2 常用钢铁材料

工程材料的分类如图 1-9 所示。我们在机械加工和工程训练中涉及最多的是金属材料，按照使用性能为结构材料或使用领域为机械工程材料。机械加工中常用的工程材料有碳钢、合金钢、铸铁、铝合金、铜合金、钛合金等。

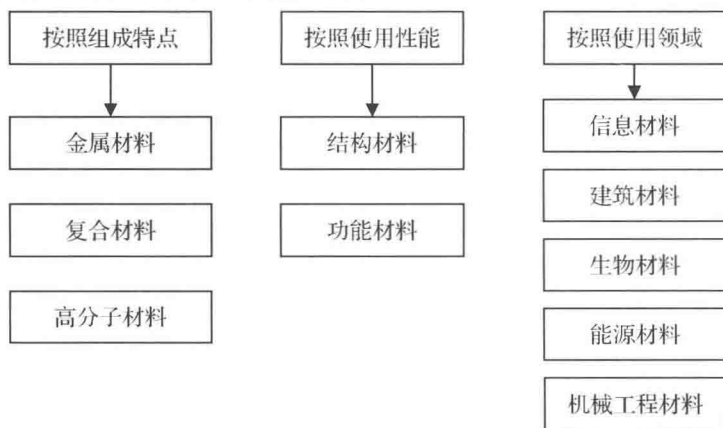


图 1-9 工程材料的分类

1.2 零件加工基本流程

一般机械加工企业从轧钢厂购买各种原材料，如钢棒、钢板等，经过毛坯加工初步成型，再经各种机械加工，热处理等工艺精确成型，最后经过各种检验，装配组成部件或整机。零件加工基本流程如图 1-10 所示。机械零件常用加工方法如图 1-11 所示。

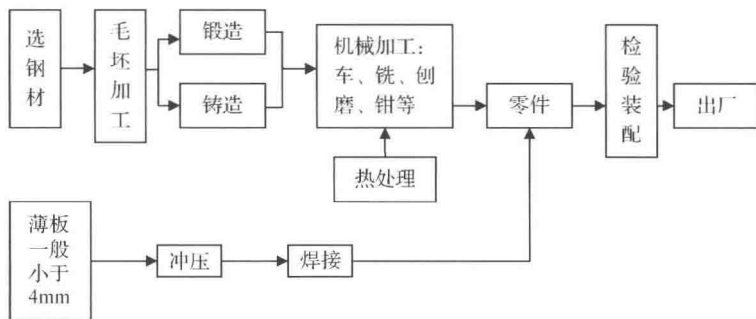


图 1-10 零件加工基本流程图

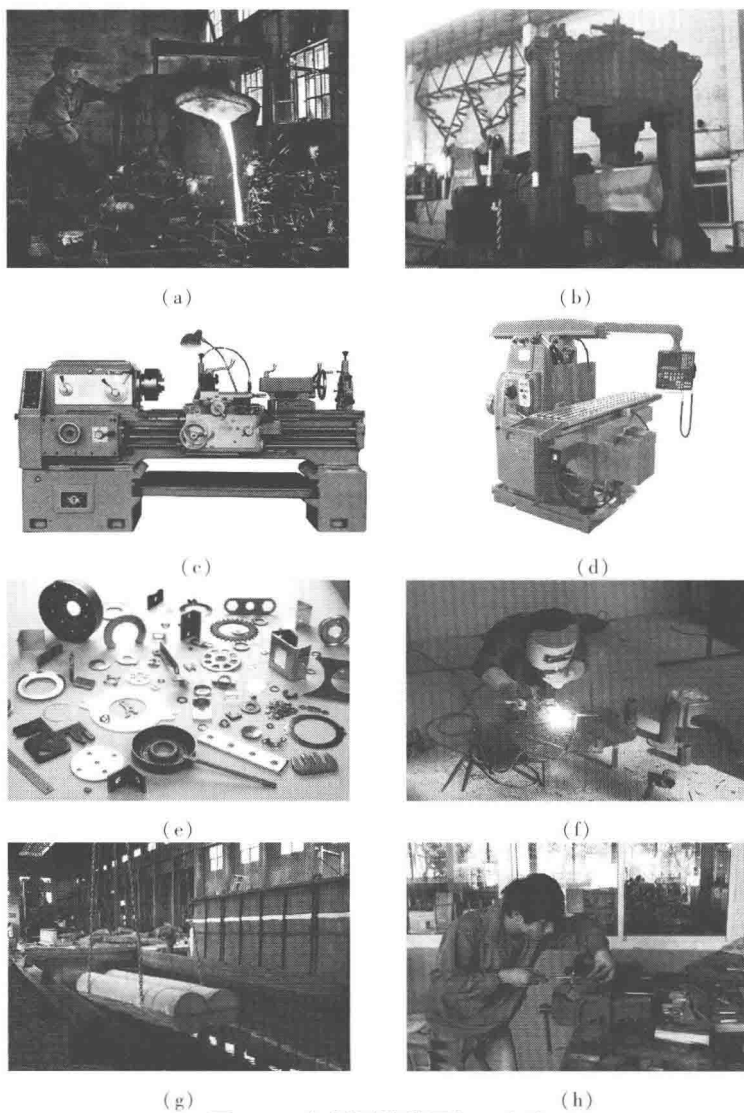


图 1-11 机械零件常用加工方法

(a) 铸造加工 (b) 锻造加工 (c) 车床加工 (d) 铣床加工
 (e) 冲压加工件 (f) 焊接加工 (g) 热处理淬火 (h) 钳工加工

1.3 英语阅读材料 No. 1

Metals and Metal Alloys

Metals are elements that generally have good electrical and thermal conductivity. Many metals have high strength, high stiffness, and have good ductility. Some metals, such as iron, cobalt and nickel, are magnetic. At extremely low temperatures, some metals and inter-metallic compounds become super conductors.

What is the difference between an alloy and a pure metal?

Pure metals are elements which come from a particular area of the periodic table. Examples of pure metals include copper in electrical wires and aluminum in cooking foil and beverage cans.

Alloys contain more than one metallic element. Their properties can be changed by changing the elements present in the alloy. Examples of metal alloys include stainless steel which is an alloy of iron, nickel, and chromium; and gold jewelry which usually contains an alloy of gold and nickel.

Why are metals and alloys used? Many metals and alloys have high densities and are used in applications which require a high mass-to-volume ratio. Some metals alloys, such as those based on aluminum, have low densities and are used in aerospace applications for fuel economy. Many alloys also have high fracture toughness, which means they can withstand impact and are durable.

1.4 金属切削加工基础知识

1.4.1 切削三要素

(1) 切削运动

金属切削加工是利用刀具和工件做相对运动,从毛坯(铸件、锻件、条料等)上切除多余的金属,以获得尺寸精度、形状精度、位置精度和表面粗糙度完全符合图纸要求的机器零件,分为钳工和机械加工(简称机工)两部分。钳工一般是通过工人手持工具进行切削加工,使用的工具简单、方便灵活,是装配和修理工作中不可缺少的加工方法。机工主要是通过工人操纵机床来完成切削加工,主要加工方式有车削、钻削、铣削、磨削、刨削等。

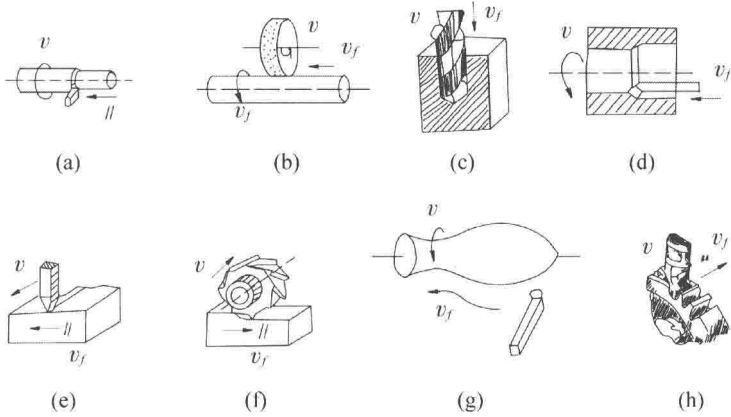


图 1-12 切削运动

(a)车外圆面 (b)磨外圆面 (c)钻孔 (d)车床上镗孔
(e)刨平面 (f)铣平面 (g)车成形面 (h)铣成形面

如图 1-12 所示，无论哪种机床，进行切削加工时必须有以下两种切削运动：主运动和进给运动。通常主运动只有一个，进给运动则可能有一个或多个。

①主运动(v) 在切削过程中提供切削可能性的运动，其特点是在切削过程中速度最高、消耗机床动力最多。如车床上工件的旋转，铣床铣刀、钻床钻头、磨床砂轮的旋转。

②进给运动(走刀运动)(v_f) 在切削过程中，提供继续切割可能性的运动，如车刀、钻头的移动，磨外圆时工件的旋转及轴向移动。

(2) 切削三要素

以车削为例，切削三要素如图 1-13 所示，包括切削深度 a_p ，进给量 f 和切削速度 v 。

①切削深度(简称切深) a_p (mm) 待加工面和已加工面之间的垂直距离，其公式为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中 d_w ——待加工直径，mm；
 d_m ——已加工直径，mm。

②进给量 f 和进给速度 v_f (mm/min) 进给量是刀具在进给运动方向上相对工件的位移值。进给速度是在单位时间内刀具和工件沿进给运动方向相对移动的距离。其公式为

$$v_f = fn = f_z zn$$

式中 z ——刀具齿数；
 n ——转速，r/min；
 f ——进给量，mm/r；

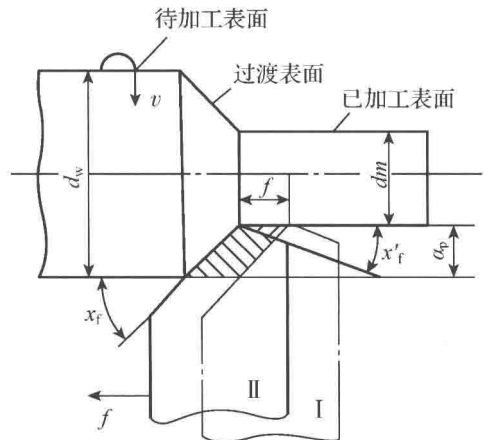


图 1-13 切削三要素

f_z ——每齿进给量, mm/齿。

③切削速度(简称切速) v 切削刃选定点相对工件主运动的瞬时速度(m/min, m/s), 其公式为

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad \text{m/min}$$

或

$$v = \frac{\pi D n}{1000 \times 60} \quad \text{m/s}$$

式中 D ——切削直径, mm;

n ——转速, r/min。

1.4.2 技术要求

为了保证机器装配后的精度要求、保证各零件之间的配合关系和互换要求, 应根据零件不同作用提出合理的技术要求, 主要包括表面粗糙度、尺寸精度、形状精度、位置精度及热处理和表面处理。下面简单介绍前面四个技术要求。

(1) 表面粗糙度

零件表面的微观不平度称为表面粗糙度, 其形成的原因主要有: ①加工过程中的刀痕; ②切削分离时的塑性变形; ③刀具与已加工表面间的摩擦; ④工艺系统的高频振动。

表面粗糙度评定参数很多, 最常用的是轮廓算数平均偏差 Ra , 单位为 μm (表 1-1), 表面粗糙度越小, 则表面越光滑。标注方法如图 1-14。

表 1-1 表面粗糙度数值 Ra 的数值(GB/T 1031—1995)

						μm
0.012	0.050	0.20	0.80	3.2	12.5	50
0.025	0.100	0.40	1.60	6.3	25	100

单一要求: a ——第一个表面粗糙度要求(传输带/取样长度, 参数代号, 数值);

b ——第二个表面粗糙度要求(传输带/取样长度, 参数代号, 数值)。

补充要求: c ——加工方法(车、铣、磨、涂镀等);

d ——表面纹理和方向;

e ——加工余量。

(2) 尺寸精度

尺寸精度是指零件实际尺寸与设计理想尺寸的接近程度。GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范(GPS)极限与配合》的标准规定了有关线性尺寸精度, 标准的主要内容包括标准公差和基本偏差。

①标准公差 根据公差等级不同, 国标规定标准公差分为 18 个等级, 即 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18。从 IT01 到 IT18, 等级依次降

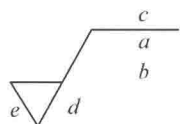


图 1-14 表面粗糙度标注