

天津大学仁爱学院

金工实习指导书



天津大学仁爱学院

2014-09

目 录

第一章	数控车工	1
1.1	教学基本要求	1
1.2	钳工实习安全技术要求	1
1.3	教学内容及进度安排	1
1.4	数控车床的基本结构	2
1.5	数控车床的手动操作及单步指令执行操作	3
1.6	刀具、量具、工装夹具简介	4
1.7	数控车床作业“榔头柄”的车削	21
第二章	钳工	25
2.1	教学基本要求	25
2.2	钳工实习安全技术要求	25
2.3	教学内容及进度安排	25
第三章	铸造实习	36
3.1	铸造实习的目的和要求	36
3.2	铸工概述	37
3.3	砂型铸造工艺	39
3.4	合金的熔炼	43
3.5	造型	47
3.6	铸造工艺设计	56
3.7	铸件常见缺陷的分析	59
3.8	特种铸造	61
3.9	铸造工艺图的绘制	68
3.10	实例讲解：小飞机的铸造过程	74
第四章	焊工	87
4.1	教学基本要求	87
4.2	焊接实习安全技术要求	87
4.3	教学内容及进度安排	87
第五章	模具制造与材料成型	99
5.1	电火花线切割加工	99
5.2	注塑机加工	104

第一章 数控车工

1.1 教学基本要求

1.1.1 基本知识要求

- 1、了解数控车床在机械制造中的作用；
- 2、掌握数控车床手动操作和单步指令操作的方法和应用；
- 3、熟悉各种刀具、工装夹具、量具的结构和使用；
- 4、了解数控车床的结构、工艺能力；
- 5、掌握数控车床安全生产规范。

1.1.2 基本技能要求

- 1、掌握常用刀具、工装夹具、量具的使用方法，独立完成数控车床的手动操作和单步程序运行操作；
- 2、独立完成考核作业件“榔头柄”的车削加工；

1.2 钳工实习安全技术要求

- 1、实习时，要穿工作服，不准穿拖鞋，操作机床时严禁戴手套，女同学要戴工作帽。
- 2、不准擅自使用不熟悉的机器和工具。设备使用前要检查，如发现损坏或其他故障时应停止使用并报告。
- 3、杜绝多人同时操作机床，操作工位只能一人操作机床，观摩的同学不要影响操作的同学。
- 4、要用刷子清理铁屑，不准用手直接清除，更不准用嘴吹，以免割伤手指和屑末飞入眼睛。
- 5、要做到文明生产（实习），工作场地要保持整洁。使用的工具、量具要分类摆放，工件、毛坯和原材料应堆放整齐。

1.3 教学内容及进度安排

序号	实习内容	机类学时	非机类
1	数控车床的基本结构	2	2
2	数控车床的手动操作及单步指令执行	4	4
3	刀具、量具、工装夹具简介	2	4
4	数控车床作业“榔头柄”的车削	8	14

1.4 数控车床的基本结构

数控车床主要由机床本体、数控系统、伺服系统、检测反馈系统等，如图 1-1 所示为数控车床各部分名称。



图 1-1 数控车床结构图

1、机床本体，是指数控车床的机械构成，主要包括床身、主轴箱、导轨、刀架进给系统、液压、冷却、润滑系统等部分组成。

2、数控系统，数控系统是数控车床的核心，它将接收到的数字信息进行译码、运算和逻辑处理，生成各种指令信息输出给伺服系统，使设备按规定动作执行。主要由程序、输入/输出设备、CNC 装置、可编程序控制器（PLC）、主轴驱动装置和进给驱动装置及位置检测系统组成，图 2 为 CNC 系统框图。

3、伺服系统，伺服系统将数控系统发出的位移、速度等指令脉冲控制信号经变换、放大与调整后，由伺服电机驱动执行机构产生相应的运动。伺服系统分为主轴伺服系统和进给伺服系统。主轴伺服系统主要有主轴伺服电机和传动机构组成，进给伺服系统主要由伺服电机和滚珠丝杠螺母副等元件组成。

4、检测反馈系统，对数控车床的实际运动速度、位移等进行检测并转化为电信号反馈给数控装置与控制信号进行比较，计算出实际位置与指令位置之间的偏差，并发出补偿信号予以纠正。检测反馈系统可分为半闭环和闭环两种系统，半闭环系统通过感应同步器或光电编码器等检测元件检测丝杠的转角，间接地得到移动部件的位移信号并反馈给数控系统；在闭环系统中利用磁栅或光栅等检测元件直接检测移动部件的位移，并将测量信号直接反馈给数控系统。

1.5 数控车床的手动操作及单步指令执行操作

1、数控车床的坐标系

如图 1-2 所示，数控车床的坐标系符合右手笛卡尔坐标系的规定，在规定坐标方向时，以刀具远离工件的方向为坐标轴的正向。

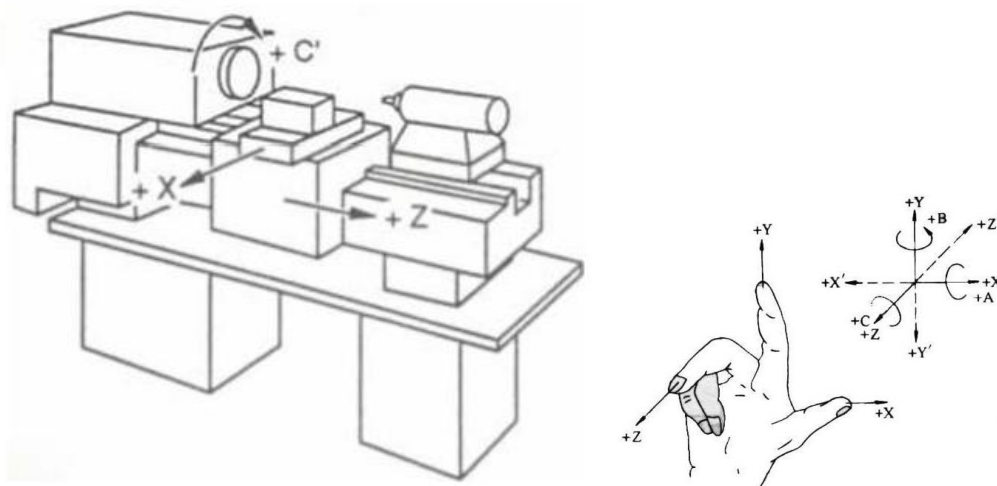


图 1-2 数控车床的坐标系

2、数控车床的工作模式

数控车床有 5 种工作模式，如表 1-1 所示。

表 1-1 数控车床的工作模式

编辑模式 EDIT	用于新建或编辑已有数控程序
手动数据输入模式 MDI	用于输入单句指令执行，或系统参数输入
手动模式 JOG	使用面板上的坐标移动键控制坐标轴的移动
手摇模式 HANDLE	使用脉冲发生器（手轮）控制坐标轴移动
自动模式 AUTO	用于自动执行已编辑好的数控程序

本实习中只针对使用“手动数据输入 MDI”模式和“手摇 HANDLE”模式

3、数控车床的手动操作

如图 1-3 所示，选择“手摇 HANDLE”模式，点击“POS”按钮使界面显示坐标位置，当前显示值是刀架中心相对机床坐标系原点的坐标。将坐标选择柄扳到 Z 轴，摇动手轮，Z 向坐标将移动，将坐标选择柄扳到 X 轴，摇动手轮，X 向坐标将移动。



图 1-3 数控车床面板坐标显示与操作

再次按下“POS”键将显示相对坐标 U 和 W，U 和 W 代表的是相对坐标值，可按下面板上的 U 键或 W 键将 U、W 清零，再次移动时，刀架中心相对当前位置在 X 方向的移动值由 U 表示，在 Z 方向的移动值由 W 表示。

4、数控车床的单步指令操作

如图 1-3 所示，选择“手动数据输入 MDI”模式，点击“PROG”按钮使界面显示 MDI 程序界面，当需要主轴旋转 500r/min 时可输入:S500 M03;并按下面的循环启动按钮。

1.6 刀具、量具、工装夹具简介

1、常用刀具

车削主要完成回转类表面的加工，如内外圆柱面、圆锥面、圆弧面和螺纹等型面。根据加工的型面不同，车刀的形状也不尽相同，如图 1-4 所示为常用车刀

的种类、形状和用途。

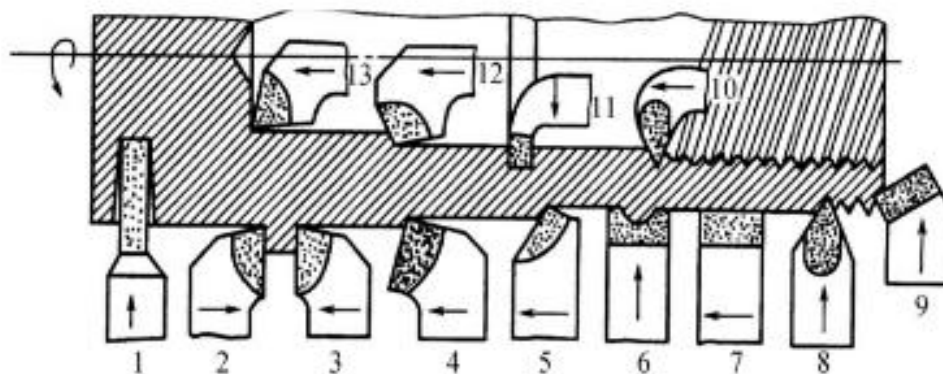


图 1-4 常用车刀种类、形状和用途

1—切断（槽）刀 2—90° 左偏刀 3—90° 右偏刀 4—弯头车刀 5—直头车刀
6—成形车刀 7—宽刃精车刀 8—外螺纹车刀 9—端面车刀 10—内螺纹车刀
11—内切槽刀 12—通孔车刀 13—盲孔车刀

根据车刀结构的不同，可分为整体式车刀、焊接式车刀和机械夹固式车刀三大类。

1) 整体式车刀，刀片和刀杆的材料相同并做成整体式的车刀，如整体式高速钢车刀，通常用于小型车刀、螺纹车刀和形状复杂的成型车刀。整体式车刀具有抗弯强度高、冲击韧性好、便于制造和刃磨等优点。

2) 焊接式车刀，将具有一定形状的硬质合金刀片用铜焊或其他焊料钎焊在普通结构钢或铸铁刀杆上经刃磨而成。焊接式车刀具有结构简单、紧凑、刚性好、抗振性能强、制造、刃磨方便、使用灵活等优点。但刀片经过高温焊接，刀片材料产生内应力导致裂纹，其强度、硬度降低，切削性能下降。此外，刀柄不能重复使用浪费原材料，换刀及对刀时间较长，不适用于自动车床和数控车床。

3) 机械夹固式车刀，为了避免焊接车刀因焊接使硬质合金刀片产生裂纹、降低刀具耐用度，使用时出现脱焊和刀杆只能使用一次等缺点，采用将刀片用机械夹持的方法固定在刀杆上，分为机械夹固式可重磨车刀和机械夹固式不可重磨车刀。

机械夹固式可重磨车刀利用机械夹固的方法将硬质合金刀片安装在刀杆上，当刀片钝化后可以修磨并通过刀杆上的调节螺钉将修磨后的新刃口调整到适当位置。机械夹固式可重磨车刀虽然避免了因刀片焊接而产生的应力裂纹，提高了刀具的耐用度，但修磨调整周期较长，影响生产效率。

机械夹固式不可重磨车刀也称为机械夹固式可转位车刀，刀片为有多条切削刃的多边形，当某条切削刃磨损钝化后，可松开夹紧机构将刀片转动一个位置后锁紧，使新切削刃投入工。机夹可转位车刀的几何角度完全由刀片保证，切削性

能稳定，更换刀片便捷，加工效率高。刀片紧固方式主要有刚性夹紧式、杠杆夹紧式和楔块夹紧式等，如图 1-5 所示

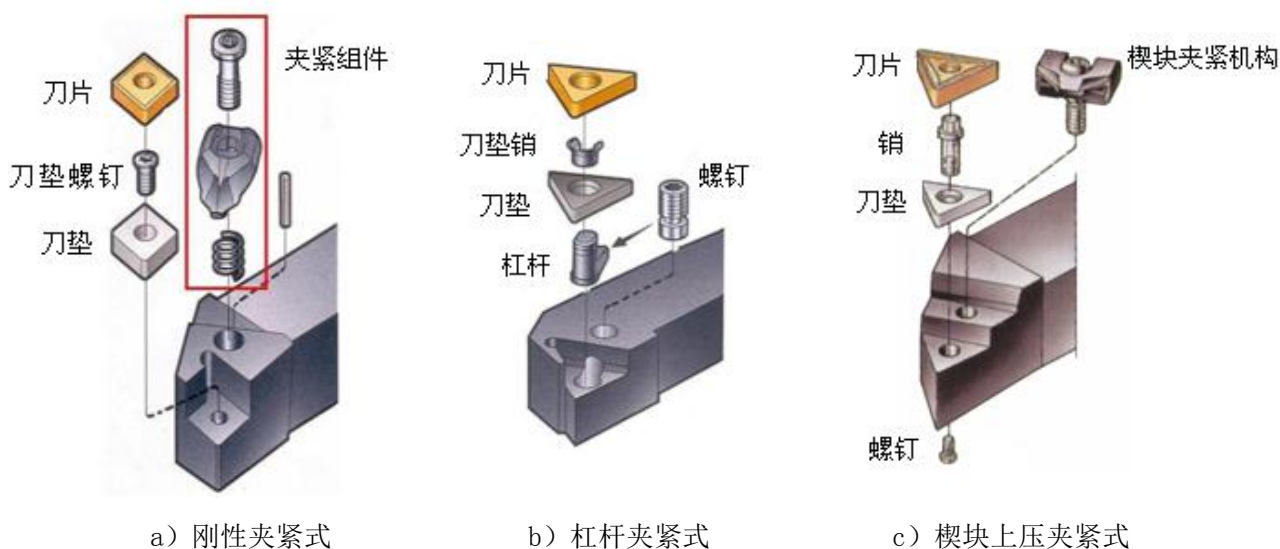


图 1-5 机夹可转位刀片常用夹紧机构

ISO 标准和我国标准规定了可转位刀片型号的含义。按国家标准 GB/T2076—2007，可转位刀片的型号，共用 9 个号位的内容来表示主要参数的特征。例如可转位刀片的型号为 CNMG120412FR，对应的号位为：

1	2	3	4	5	6	7	8	9
C	A	M	G	12	04	12	F	R

- 1) 表示可转位刀片的形状，代号 C 表示刀尖角为 80° 的菱形刀片；
 - 2) 表示可转位刀片的后角，代号 A 表示刀片法后角为 3° ；
 - 3) 表示可转位刀片的精度等级，代号 M 表示刀尖位置尺寸允许偏差为 $\pm 0.08 \sim \pm 0.2\text{mm}$ ，刀片内切圆允许偏差 $\pm 0.05 \sim \pm 0.15\text{mm}$ ，厚度允许偏差 $\pm 0.13\text{mm}$ ；
 - 4) 表示可转位刀片的前刃面及中心孔型，代号 G 表示双面有断屑槽，有圆形中心孔；
 - 5) 表示可转位刀片刃口长度的整数值，代号 12 表示切削刃口长度为 12mm ；
 - 6) 表示可转位刀片的厚度，代号 04 表示刀片厚度为 4.76mm ；
 - 7) 为数字时，表示可转位刀片刀尖圆弧半径，为字母时，表示可转位刀片主偏角及修光刃后角。代号 12 表示刀尖圆弧半径为 1.2mm ；
 - 8) 表示可转位刀片刃口截面形状，代号 F 表示尖角切削刃；
 - 9) 表示切削方向，代号 R 表示从右向左单向切削；
- 常用的可转位刀片形状和代号如图 1-6 所示，不同的刀片形状用不同的代号

表示,刀片形状的选择主要考虑工件被加工表面的形状、切削方法和刀具寿命等因素。一般外圆车削常用矩形(S型)以及刀尖角为 80° 的凸三边形(W型)和菱形(C型)刀片; 90° 主偏角加工常用刀尖角为 60° 三角形(T型)刀片;仿形加工常用 55° 菱形(D型)和 35° 菱形(V型)以及圆形(R型)刀片。不同的刀片形状其强度也不同,一般情况下,刀尖角越大,刀尖强度越高,反之亦然。在工艺系统刚性和机床功率允许的情况下,大余量的粗加工应选用刀尖角较大的刀片;在小余量的精加工中,应选择顶角较小的刀片。

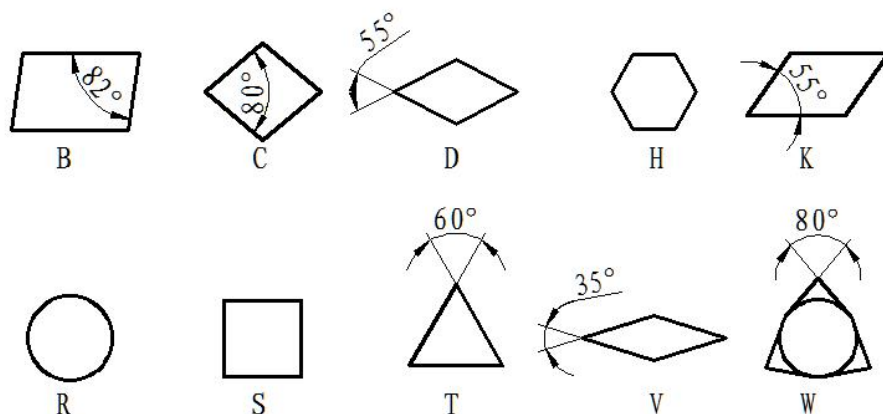


图 1-6 常用可转位刀片形状及代号

常用的刀片后角有 $N(0^\circ)$ 、 $C(7^\circ)$ 、 $P(11^\circ)$ 、 $E(20^\circ)$ 等,一般粗加工,半精加工可用 N 型。半精加工、精加工可用 C 型、 P 型、也可用带断屑槽的 N 型刀片。加工铸铁、硬钢可用 N 型。加工不锈钢可用 C 型、 P 型。加工铝合金可用 P 型、 E 型等。加工弹性恢复性好的材料可选用较大一些的后角。一般镗孔刀片,选用 C 型、 P 型,大尺寸孔可选用 N 型。

常用的刀尖圆弧半径有 0.2mm 、 0.4mm 、 0.8mm 、 1.2mm 、 1.6mm 等,它不仅关系到被加工工件的表面粗糙度和加工精度,而且还影响切削效率。刀尖圆弧半径小,刀刃强度低,适用于背吃刀量较小的精加工;刀尖圆弧半径大,刀刃强度高,适用于大切削量的粗加工。

在切削的过程中,刀具的切削部分承受切削热、切削力、摩擦和冲击,所以刀具切削部分的材料性能直接影响着刀具的性能。刀具的材料通常是指切削部分的材料,应具有高硬度、高耐磨性、高耐热性和足够的强度与韧性。常用的刀具材料主要有以下几种:

高速钢

高速钢又称为锋钢或风钢,它是含有较多铬、钨、钼、钒等合金元素的高合金工具钢。普通高速钢热处理后硬度为 $\text{HRC}62\sim66$,可耐 600°C 的高温,其允许

切削速度为 30~50m/min。高速钢广泛用于制造各种复杂的成形刀具和孔加工工具，如成形车刀、麻花钻、铣刀、铰刀和各种齿轮加工刀具。常用的普通高速钢主要有 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。

硬质合金

硬质合金是用粉末冶金的方法，以高硬度、高熔点的金属碳化物（如 WC、TiC、TaC）为基体，以金属 Co、Mo、Ni 等为粘结剂，经高压、高温压制烧结而成。硬质合金具有很高的硬度 HRC74~84，耐热温度 800℃~1000℃，许用切削速度是高速钢的 6 倍。硬质合金的缺点是韧性较差，难以承受较大的冲击，工艺性差，因此硬质合金常用于制造刀片，经焊接或机械夹固在刀杆上使用。

按 GB/T2075—2007（ISO513:1991）可将硬质合金分为 K、P、M、三类：

K 类，对应国产的 YG 类是由碳化钨（WC）和钴（Co）组成，这类合金的抗弯强度和韧性较好，适用于加工铸铁、青铜和非金属材料。K 类合金按不同的含钴量，常用的牌号有 YG3、YG6、YG8 等，其中的数字表示 Co 的百分含量。YG8 含钴量较高，硬度较低、但韧性较好，适用于粗加工；YG3 含钴量较低，其硬度、耐磨性和耐热性均较高，适用于精加工。

P 类，对应国产的 YT 类是由碳化钨（WC）、碳化钛（TiC）和钴组成，这类合金的合金不仅硬度高、耐磨性和耐热性好，而且抗粘附性较好，但韧性较差，适用于加工钢件。根据 TiC 的百分含量不同，常用的有 YT5、YT15、YT30 等几种牌号。

M 类，对应国产的 YW 类是在 P 类合金中加入少量的 TaC 或 NbC 而成，这两种碳化物的加入使它的抗弯强度、冲击韧性以及与钢的粘结温度均高于 P 类合金。适用于加工铸铁、有色金属、碳素钢、合金钢，故称其为通用硬质合金，常用牌号有 YW1、YW2。此类硬质合金主要用于加工高锰钢、不锈钢、高温合金以及球墨铸铁、可锻铸铁、合金铸铁等难加工的材料。

陶瓷

陶瓷刀具以氧化铝（ Al_2O_3 ）基或氮化硅（ Si_3N_4 ）为基体，加以少量的金属碳化物和氧化物作为添加剂，通过粉末冶金的方法压制烧结而成。陶瓷刀具具有很高的硬度、耐磨性、耐热性和抗氧化性，但其强度、韧性和耐冲击性较差，一般用于高速精细加工。

金刚石

金刚石分天然和人造两种，人造金刚石是通过钴等金属结合剂将金刚石微粉聚集少结成的多晶体材料，又称烧结金刚石，切削刀具大多使用人造金刚石。它具有高硬度、高耐磨性、高导热性、高弹性模量和低摩擦系数，但韧性较差，对铁族材料亲和力大。因此不适合加工黑色金属，主要用于硬质合金、玻璃纤维塑

料、石墨、陶瓷、有色金属等材料的高速金加工。

立方氮化硼

立方氮化硼（CBN）刀具是一种人工合成的超硬材料。它除了具有高硬度、高耐磨性外，还具有高韧性、化学惰性、红硬性等特点，在切削加工的各个方面都表现出优异的切削性能，能够在高温下实现稳定切削，特别适合加工各种淬火钢、工具钢、冷硬铸铁等难加工材料

2、数控车床常用夹具

数控机床夹具必须适应数控机床的高精度、高效率、多方向同时加工、数字程序控制及单件小批生产的特点。因此，数控机床夹具应具有高精度、高效率、低成等特点。车床常用的夹具有三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、气动夹头、心轴类车床夹具、角铁式车床夹具和花盘类车床夹具。

1) 三爪自定心卡盘

三爪卡盘是最常用的通用夹具。三爪卡盘最大的优点是可以自动定心，工件装夹后不需要找正。但定心精度不高，不适于零件同轴度要求较高时的二次装夹。如图 1-7 所示为三爪自定心卡盘的结构。

三爪卡盘常见的有机械式和液压式两种，液压卡盘利用液压动力代替人工夹紧工件，装夹迅速、方便，但夹持范围小，尺寸变化大时需重新调整卡爪位置。数控车床经常采用液压卡盘，液压卡盘特别适用于批量加工。

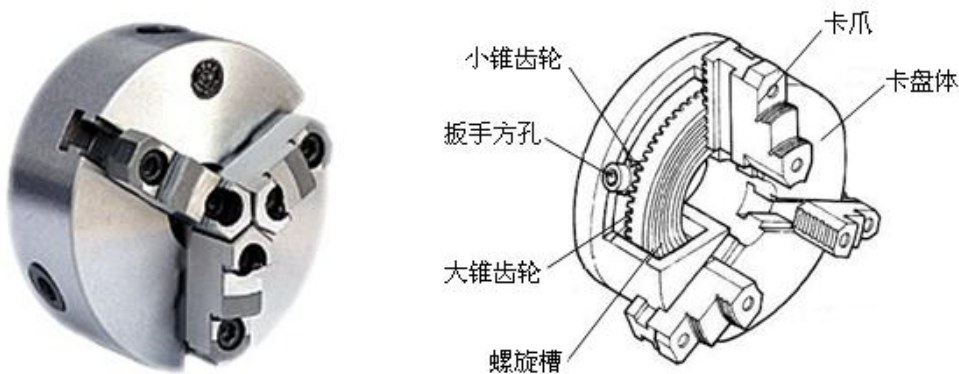


图 1-7 三爪自定心卡盘

2) 四爪单动卡盘

四爪单动卡盘的四个卡爪可各自独立运动，所以又称为可调卡爪式四爪卡盘。装加工件时通过调整四个单动卡爪使工件被加工表面的回转中心与机床主轴重合。四爪单动卡盘需要更多的调整时间来找正工件，夹紧力较大，通常用来装夹大型或形状不规则的工件，如图 1-8 所示为四爪单动卡盘结构。

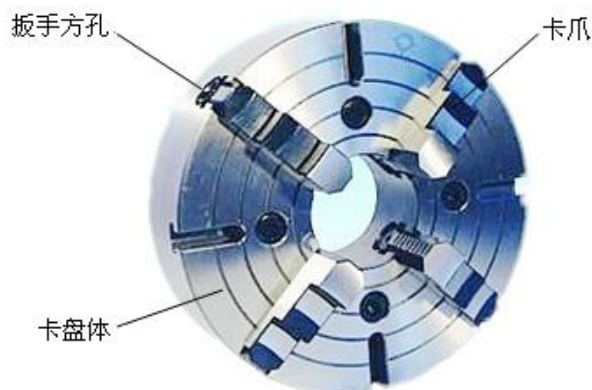


图 1-8 四爪单动卡盘

3. 气动夹头

如图 1-9 所示，气动夹头是由汽缸体、活塞、弹簧夹头、夹头端盖和气源接口等部分组成，汽缸活塞与弹簧夹头通过锥面接触。夹紧工件时，气源经起源接口进入推动活塞向前运动，通过与弹簧夹头接触的锥面锁紧夹头；松开工件时，汽缸内的气体由气源接口排出，活塞向后运动使弹簧夹头松开。气动夹头具有装夹精度高、动作速度快、能实现不停机装夹等优点，对于在工作范围内工件尺寸的改变只需更换相应的弹簧夹头即可，大大提高了装夹效率。

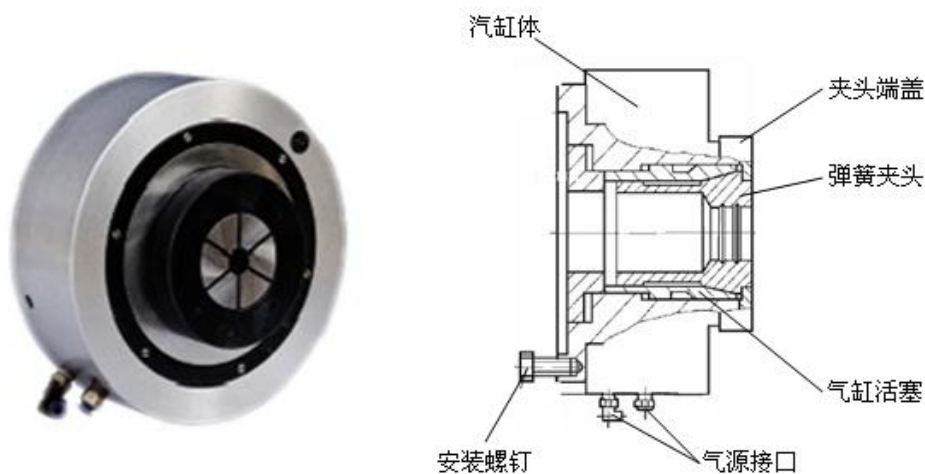


图 1-9 气动夹头

4. 心轴类车床夹具

心轴类车床夹具通常以工件的内孔作为定位表面来加工工件的外圆或端面，主要满足被加工表面与工件内孔轴线的同轴度、圆跳动等形位公差的要求。工件以圆柱孔定位时常用圆柱心轴和小锥度心轴；对于带有锥孔、螺纹孔和花键孔的工件定位常用相应的锥体心轴、螺纹心轴和花键心轴。

如图 1-10 所示为圆柱心轴，以工件内孔定位，以端面螺母夹紧，主要用于套同类和空心盘类工件的定位。

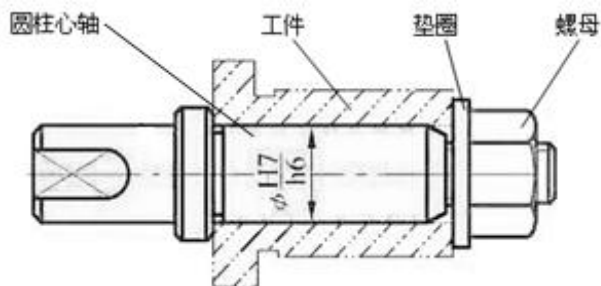


图 1-10 圆柱心轴

5. 角铁式车床夹具

在车床上加工壳体、支座、杠杆、接头等形状复杂零件的回转面和端面时，当这些零件的主要定位面为平面，且与被加工回转面的轴线保持一定的位置关系（平行或成一定角度）时，采用夹具体呈角铁状的角铁式车床夹具。如图 1-11 所示，轴承支座的内孔和端面是要加工的表面，选择支座底面和两个孔为定位基准，将支座安装在角铁式夹具体上。

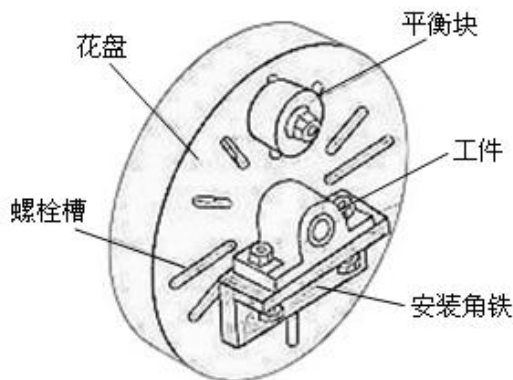


图 1-11 角铁式车床夹具

6. 花盘式车床夹具

当工件表面外形复杂，且被加工的回转表面轴线与基准面相垂直时，可利用定位和夹紧元件将工件安装在开有 T 型槽的花盘上，这类夹具不对称，应安装平衡块，如图 12 所示为花盘式车床夹具的应用。

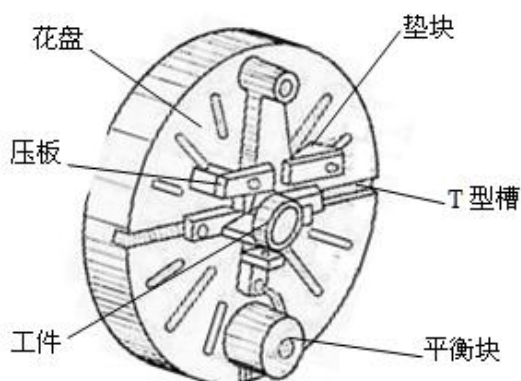


图 1-12 花盘式车床夹具

3、常用量具介绍

在机械加工中，合理地选择和使用各种量具，对产品做出正确地测量，是指导工艺过程，使工件符合设计规定和满足技术要求的重要保证。常用的量具有游标卡尺、千分尺、量规、百分表和千分表等。选择量具时，应根据被测零件的精度要求、形状、尺寸、生产批量和经济型等方面进行综合考虑。

游标量具

游标量具是利用尺身和游标之间刻线长度之差的原理制成的量具，常用的游标量具有游标卡尺、深度游标卡尺、高度游标卡尺和游标万能角度尺等。

1) 游标卡尺

游标卡尺可用来测量长度、厚度、外径、内径和深度等。如图 1-13 所示，游标卡尺由尺身、游标、外量爪、内量爪、深度尺和紧固螺钉等部分组成，其精度和量程范围如表 1-2 所示。

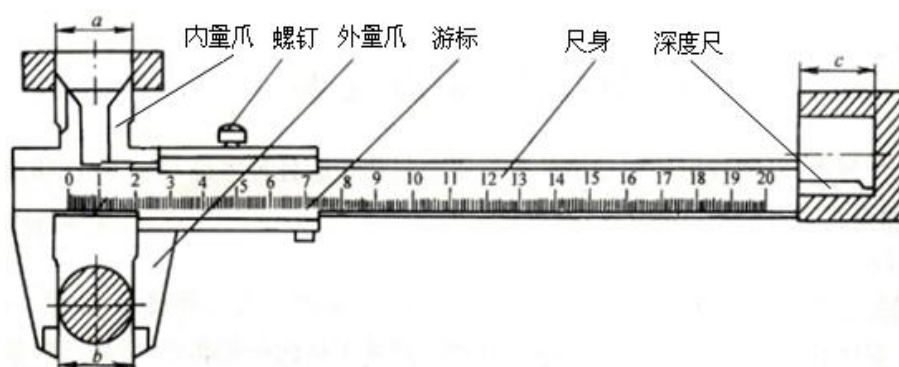


图 1-13 游标卡尺

游标卡尺的读数方法如下：

- 1) 读出游标上零刻线左面尺身上刻线的毫米整数，即测量读数的整数部分；
- 2) 辨识游标上从零线开始第几条刻线与尺身上某一条刻线是对齐的，游标上对齐的这条刻线所标识的刻线数与卡尺精度的乘积就是读数的小数部分；
- 3) 把两部分读数相加，即为测得的实际尺寸；

表 1-2 游标卡尺基本参数

型式	测量范围	游标最小刻度		
I	0~125, 0~150	0.02	0.05	0.10
II, III	0~200, 0~300			
IV	0~500, 0~1000			
测量长度		示值误差		
0~150		±0.02	±0.05	——
150~200		±0.03	±0.05	——
200~300		±0.04	±0.08	±0.10
300~500		±0.05	±0.08	——
500~1000		±0.07	±0.10	±0.15
测量深度为 20mm		±0.02	±0.05	±0.10

2) 深度游标卡尺

深度游标卡尺用于测量工件的深度尺寸，如阶梯轴的长度、槽深和盲孔深度等，如图 1-14 所示。测量时将被测处擦拭干净，把卡尺深度基准面与被测对象的基准面可靠接触，再把深度尺接触到被测对象的另一侧后读取数值，其读数方法与游标卡尺相同。

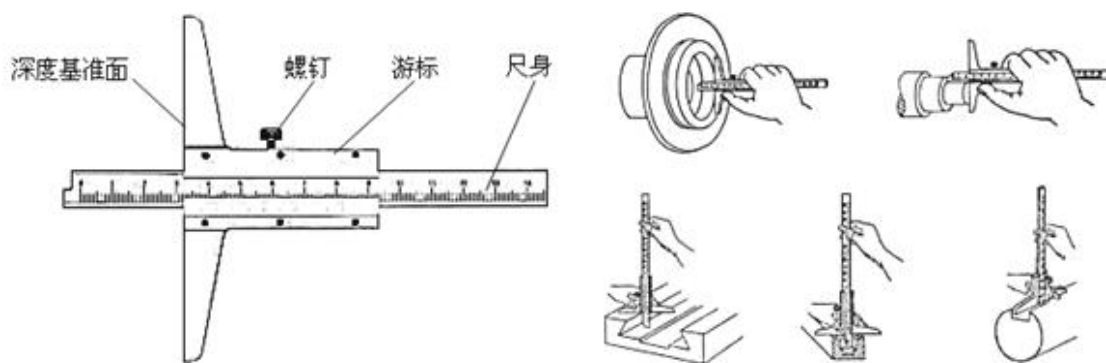


图 1-14 深度游标卡尺的结构与使用

表 1-3 为游标深度卡尺的精度、量程范围等基本参数。

表 1-3 深度游标卡尺基本参数

测量范围	游标最小刻度		
	0.02	0.05	0.10
	示值误差		
0~200	± 0.02	± 0.05	± 0.10
0~300	± 0.02	± 0.05	± 0.10
0~500	——	± 0.05	± 0.10

3.) 高度游标卡尺

常用的高度游标卡尺常用的量程规格有 0-300mm, 0-500mm 等。根据使用的情况不同有单柱式与双柱式。双柱式主要应用于较精密或测量范围较大的场合。常见的 0-300mm 和 0-500mm 规格的为单柱式, 如图 1-15 所示。高度游标卡尺由尺身、微动框、尺框、游标、紧固螺钉、划线爪、底座等部分组成。高度尺的测量是通过尺框上的划线爪沿着尺身相对于底座位移进行测量或划线, 其主要用于测量工件的高度尺寸、相对位置和精密划线。测量高度尺寸时, 先将高度尺的底座贴合在平板上, 移动尺框的划线爪, 使其端部与平板接触, 检查高度尺的零位是否正确。

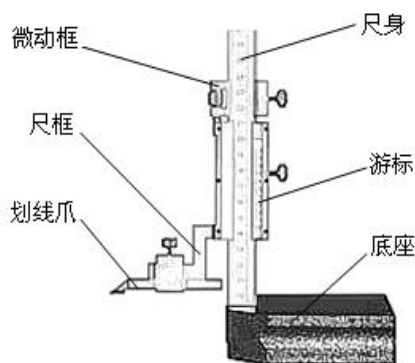


图 1-15 高度游标卡尺的结构

测微量具

应用螺旋测微原理制成的量具, 称为螺旋测微量具。它们的测量精度比游标卡尺高, 并且测量比较灵活, 因此, 当加工精度要求较高时多被应用。常用的螺旋读数量具具有外径千分尺、内径千分尺、深度千分尺和公法线千分尺等, 其测量精度为 0.01mm。

1) 外径千分尺:

外径千分尺主要用于测量长度、厚度、外径等, 被测工件公差等级一般为 IT7~IT9, 也可用于 IT10~IT11 级。常用的量程规格有: 0~25mm, 25~50mm, 50~75mm, 75~100mm 等, 分度值为 0.01mm, 也有分度值为 0.001mm 的称为微米

千分尺，外径千分尺的结构如图 1-16 所示，主要由尺架、砧座、测微螺杆、固定套筒、微分筒、棘轮测力装置、锁紧手柄和隔热板等部分组成。

固定套筒上有轴向间距为 0.5mm 的刻线，微分筒圆锥面上有周向等分 50 格的刻线。测微螺杆的螺距为 0.5mm，微分筒与测微螺杆连接在一起，微分筒每转一周，测微螺杆连同微分筒轴向移动一个螺距。微分筒每转一格，则测微螺杆与微分筒轴向移动 0.01mm。

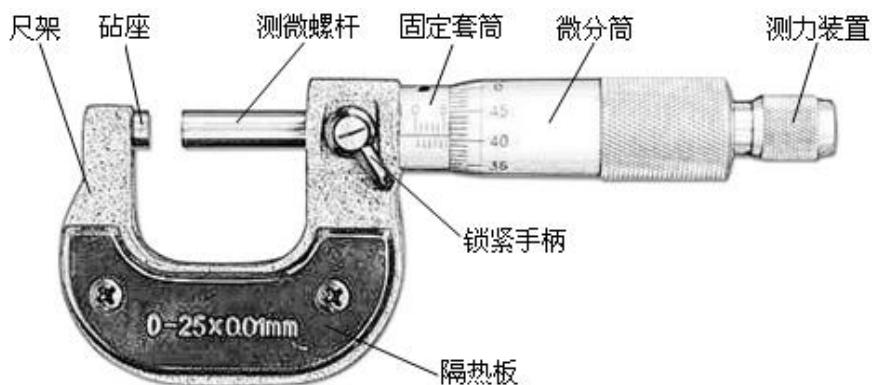


图 1-16 外径千分尺的结构

外径千分尺的具体读数步骤为：

1) 读出固定套筒上露出的刻线尺寸，即测量尺寸的整数部分，为了使刻线清晰，便于识别，固定套筒上的整毫米刻线和半毫米刻线分列在基准线的两侧，一定要注意不能遗漏或错读 0.5mm 的刻线值。

2) 读出微分筒上的尺寸，要看清微分筒圆周上哪一格刻线与固定套筒的中线基准对齐，将微分筒转过格数乘以 0.01mm 即得测量尺寸的小数部分。

3) 将上面两个数相加，即为千分尺上测得尺寸。

2. 内测千分尺

内测千分尺主要用于各种内径尺寸的测量，常用的量程规格有：5~30mm，25~50mm，50~75mm，75~100mm，100~125mm，125~150mm，分度值为 0.01mm，也有分度值为 0.001mm 的称为微米千分尺，内测千分尺的结构如图 1-17 所示，主要由固定测量爪、活动测量爪、固定套筒、微分筒、棘轮测力装置、锁紧螺钉和螺杆导向装置等部分组成。

与外径千分尺类似，固定套筒上有轴向间距为 0.5mm 的刻线，微分筒圆锥面上有周向等分 50 格的刻线。螺杆的螺距为 0.5mm，微分筒与螺杆连接在一起，微分筒每转一周，活动测量爪轴向移动一个螺距。微分筒每转一格，则活动测量

爪轴向移动 0.01mm。

内测千分尺的具体读数步骤为：

1) 读出固定套筒上露出的刻线尺寸，即测量尺寸的整数部分，为了使刻线清晰，便于识别，固定套筒上的整毫米刻线和半毫米刻线分列在基准线的两侧，一定要注意不能遗漏或错读 0.5mm 的刻线值。

2) 读出微分筒上的尺寸，要看清微分筒圆周上哪一格刻线与固定套筒的中线基准对齐，将微分筒转过格数乘以 0.01mm 即得测量尺寸的小数部分。

3) 将上面两个数相加，即为千分尺上测得尺寸。

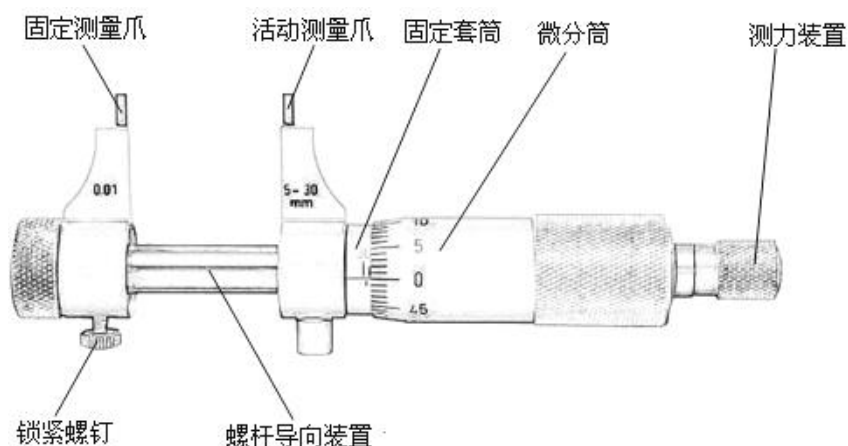


图 1-17 内测千分尺的结构

3. 深度千分尺

深度千分尺主要用于测量通孔、盲孔、阶梯孔、槽的深度以及台阶的高度，被测尺寸公差等级不高于 IT10。深度千分尺的结构如图 1-18 所示，主要由测量杆、深度基准面、固定套筒、微分筒、棘轮测力装置、锁紧螺钉等部分组成。常用的量程规格为 0~25mm，0~100mm，0~150mm，分度值为 0.01mm，示值误差为 $\pm 0.001 \sim \pm 0.005\text{mm}$ ，其读数方法与外径千分尺类似。

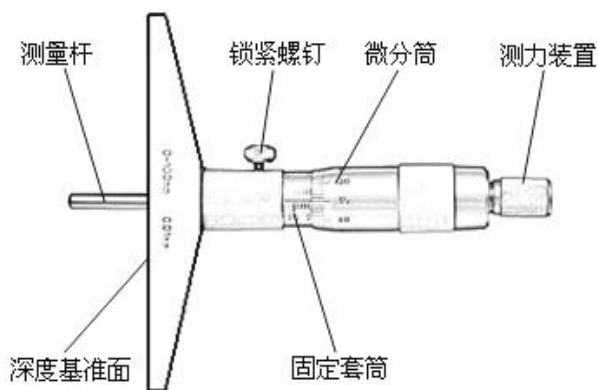


图 1-18 深度千分尺的结构

极限量规

量规是一种无刻度值的专用量具，不能指示测量值，只能判断工件是否在允许的极限尺寸范围内。量规结构简单，使用方便，通常为具有准确尺寸和形状的实体，如圆锥体、圆柱体和螺纹件等。常用的极限量规有卡规、圆柱塞规、圆柱环规、螺纹塞规、螺纹环规等。极限量规检验工件时通常利用通止法，即利用量规的通端和止端检验工件尺寸，使之不超出公差带。

1) 轴用极限量规

如图 1-19 所示，常见的轴用极限量规有圆柱环规和卡规，通规尺寸为轴的最大极限尺寸，用代号 T 表示，止规为轴的最小极限尺寸，用代号 Z 表示。通规能通过，止规不能通过时，轴的尺寸合格。

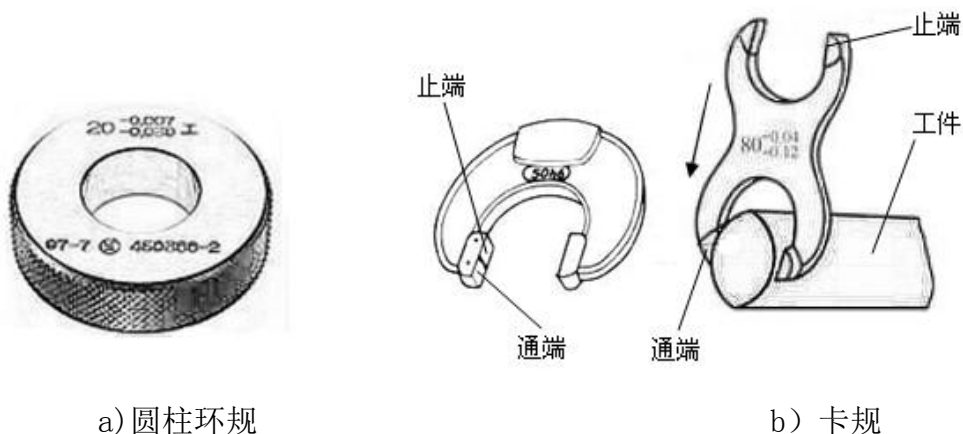


图 1-19 圆柱环规和卡规

常用圆柱环规的型式和尺寸如表 1-4 所示。

						mm				
型式	基本尺寸 D	D ₁	L ₁	L ₂	b	基本尺寸 D	D ₁	L ₁	L ₂	b
	1~2.5	16	6	4	1	>32~40	71	24	18	1
	>2.5~5	22	10	5		>40~50	85	32	20	
	>5~10	32	12	8		>50~60	100	32	20	
	>10~15	38	14	10	2	>60~70	112	32	24	2
	>15~20	45	16	12		>70~80	125	32	24	
	>20~25	53	18	14		>80~90	140	32	24	
	>25~32	63	20	16		>90~100	160	32	24	

2) 孔用极限量规

常见的孔用极限量规有针式塞规、锥柄圆柱塞规、三牙锁紧式塞规、三牙锁紧式非全型塞规等，通规尺寸为孔的最小极限尺寸，用代号 T 表示，止规为孔的最大极限尺寸，用代号 Z 表示。通规能通过，止规不能通过时，孔的尺寸合格。

(1) 针式塞规

如图 1-20 所示，针式塞规有圆柱手柄和圆锥手柄两种型式，主要用于检测 1~6mm 的孔径，其基本尺寸见表 1-5。

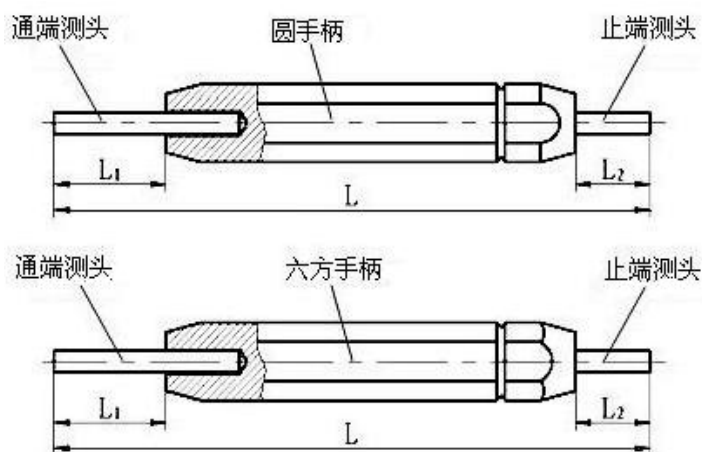


图 1-20 针式塞规

表 1-5 针式塞规基本尺寸(GB6322-86)

mm

基本尺寸 D	L	L ₁	L ₂
1~3	65	12	8
3~6	80	15	10

(2) 锥柄圆柱塞规

如图 1-21 所示，锥柄圆柱塞规根据手柄不同，有楔槽和楔孔两种型式，楔槽式用于 1~4 号手柄，楔孔式用于 5~7 号手柄。主要用于检测 1~50mm 的孔径，其基本尺寸见表 1-6。

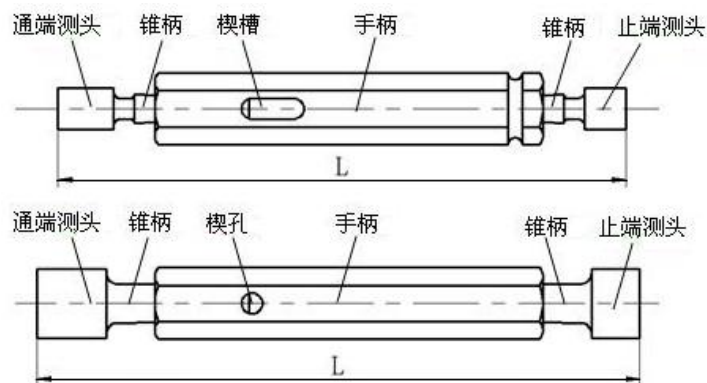


图 1-21 锥柄圆柱塞规

表 1-6 锥柄圆柱塞规基本尺寸 (GB6322-86)					
基本尺寸 D	L	手柄号	基本尺寸 D	L	手柄号
>1~3	62	1	>18~24	132	6
>3~6	74	2	>24~30	136	6
>6~10	87	3	>30~40	155	7
>10~14	99	4	>40~50	169	7
>14~18	114	5	——	——	——

3) 螺纹塞规及螺纹环规

螺纹塞规和螺纹环规是测量内、外螺纹尺寸正确性的工具，螺纹塞规用于检测工件内螺纹尺寸的正确性，螺纹环规用于测量工件外螺纹尺寸的正确性。根据被测螺纹规格不同，可分为普通粗牙、细牙和管子螺纹三种。每种规格螺纹塞规和环规又分为通规（代号 T）和止规（代号 Z）两种。检查时，只有当通规顺利地旋合通过工件螺纹，而止规只能与工件螺纹部分旋合，且旋合量不超过两个螺距时，可判定该螺纹合格，否则可判定该螺纹尺寸不合格。如图 1-22 所示为螺纹塞规和螺纹环规。

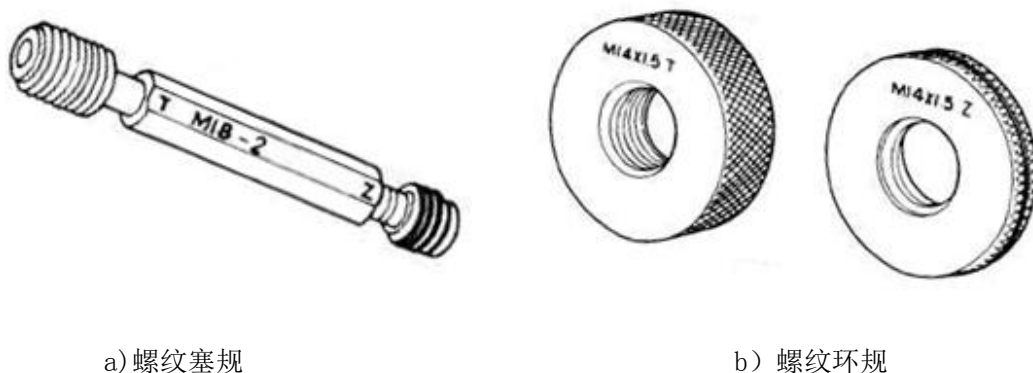


图 1-22 螺纹塞规和螺纹环规

测量仪表

1) 百分表（千分表）

百分表的圆表盘上印制有 100 个等分刻度，即每一分度值相当于量杆移动 0.01mm。若在圆表盘上印制有 1000 个等分刻度，则每一分度值为 0.001mm，这种测量工具即称为千分表。

百分表是利用齿条齿轮或杠杆齿轮传动，将测杆的直线位移变为指针的角位

移的计量器具。百分表是一种精度较高的比较量具，它只能测出相对数值，不能测出绝对数值，主要用于测量形状和位置误差，也可用于机床上安装工件时的精密找正，分度值为 0.01mm，测量范围为 0-3、0-5、0-10mm。

百分表的结构原理如图 23 所示。当测量杆 1 向上或向下移动 1mm 时，通过齿轮传动系统带动大指针 5 转一圈，小指针 7 转一格。刻度盘在圆周上有 100 个等分格，各格的读数值为 0.01mm。小指针每格读数为 1mm。测量时指针读数的变动量即为尺寸变化量。刻度盘可以转动，以便测量时大指针对准零刻线。百分表的读数方法为：先读小指针转过的刻度线（即毫米整数），再读大指针转过的刻度线（即小数部分），并乘以 0.01，然后两者相加，即得到所测量的数值。

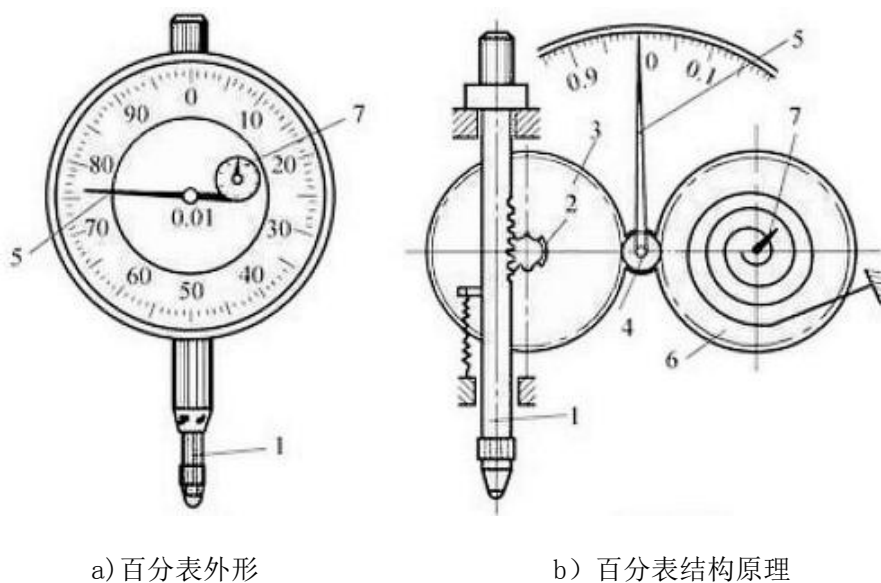


图 23 百分表及其结构原理

1-测量杆 2-小齿轮 3、6-大齿轮 4-中间齿轮 5-长指针 7 涡卷弹簧

2) 杠杆百分表（千分表）

杠杆百分表又被称为杠杆表或靠表，是利用杠杆-齿轮传动机构或者杠杆-螺旋传动机构，将测量杆的摆动转化为指针的角位移。用于测量工件几何形状误差和位置，并可用比较法测量长度。杆百分表的分度值为 0.01mm，测量范围不大于 1mm，若分度值为 0.001mm 或 0.002mm，杠杆千分表。

杠杆表分表的表盘是对称布置的，因其体积小，测杆可按需要转动，并能以正、反两个方向测量等优点，除能测量形位公差外，还可以测量小孔、凹槽、孔距、坐标尺寸等。如图 1-24 所示，为杠杆百分表和杠杆千分表结构。

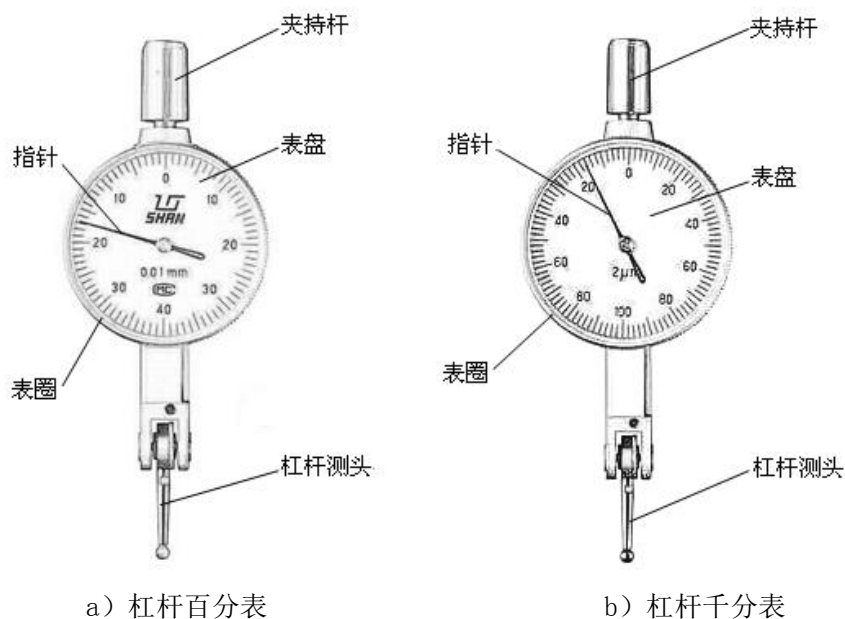


图 1-24 杠杆百分表、千分表结构

为了完成诸如孔径、深度、同轴度、平行度等某个项目的检测，需要将百分表（千分表）辅以机械装置形成相应的仪表器具，如内径百分表、深度百分表等。常见的机械装置为磁力表座，如图 1-25 所示。



图 1-25 磁力表座百分表组合

1.7 数控车床作业“榔头柄”的车削

如图 1-26 所示，为金工实习数控车工项目的实操练习（ $\varnothing 22 \times 200$ 棒料）。

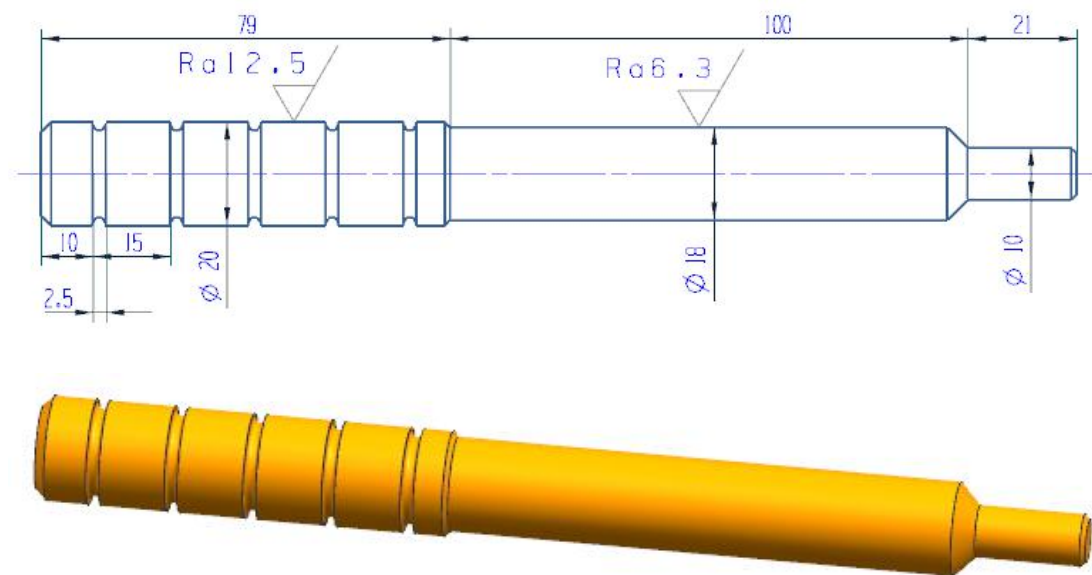


图 1-26 数控车工作业练习

1) 刀具

45° 外圆车刀，圆角成型车刀，如图 1-27 所示。



图 1-27 刀具使用

2) 量具：游标卡尺 1-28。



图 1-28 游标卡尺

3) 具体操作

车削左半部直径 20mm 部分—调头车削右半部分；

4)车削左半部分

(1) 利用三爪卡盘夹持棒料，使棒料露出长度大于 100mm，将 45 度外圆车刀装到刀架的 1 号位置，将成型车刀装到刀架的 2 号位置，如图 1-29 所示。

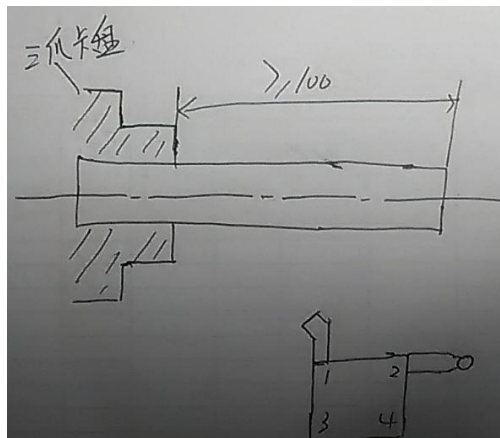


图 1-29 工件装夹

(2) 将机床工作模式设置为 MDI，按下“PROG”按钮，输入 S500M03；指令，主轴旋转。此时将工作模式设置为“HANDLE”将 1 号刀具的 1 点靠一下棒料的端面，如图 1-30 所示。1 点碰到端面以后，按下面板上的 POS 键，将相对坐标的 W 清零，然后用手轮退刀；

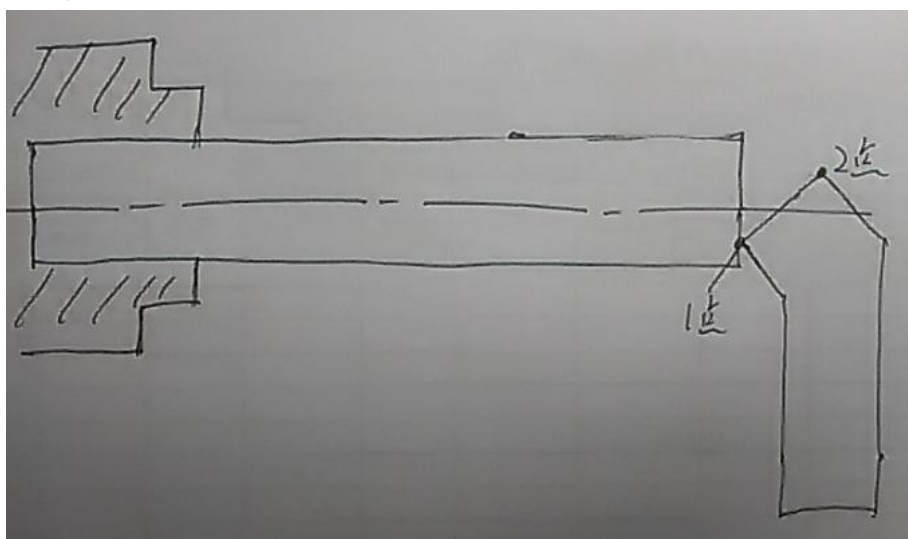


图 1-30 端面对刀

(3) 将工作模式设置为“HANDLE”将 1 号刀具的 2 点靠一下棒料的外圆面，如图 1-31 所示。2 点碰到外圆以后，按下面板上的 POS 键，将相对坐标的 U 清零，然后用手轮退刀；

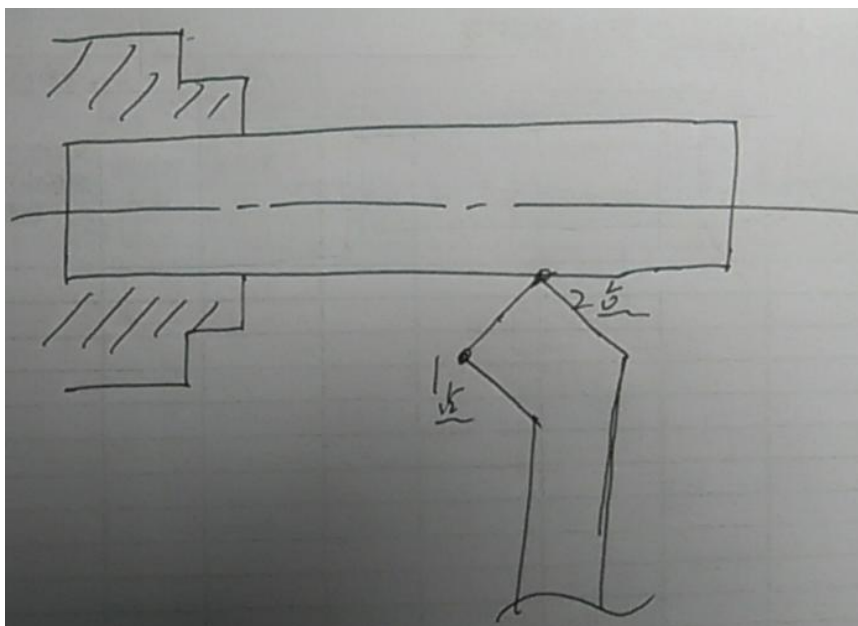


图 1-31 外圆面对刀

(4) 步骤(2)和(3)使1号刀的1点碰到端面作为工件Z向的基准零点,以2点碰到外圆面作为工件X向的基准零点,此时可根据图纸尺寸分层切削加工余量,在切削过程中要实时测量尺寸并结合相对坐标U和W的数值完成切削。

(5) 完成左半部分的外圆车削后,将工作模式设置为MDI,输入指令T0200将2号刀换到加工位置,如图1-32所示。此时将工作模式设置为“HANDLE”将2号刀具的棒料的外圆面,然后用手轮控制刀具切出左半部分的花纹。

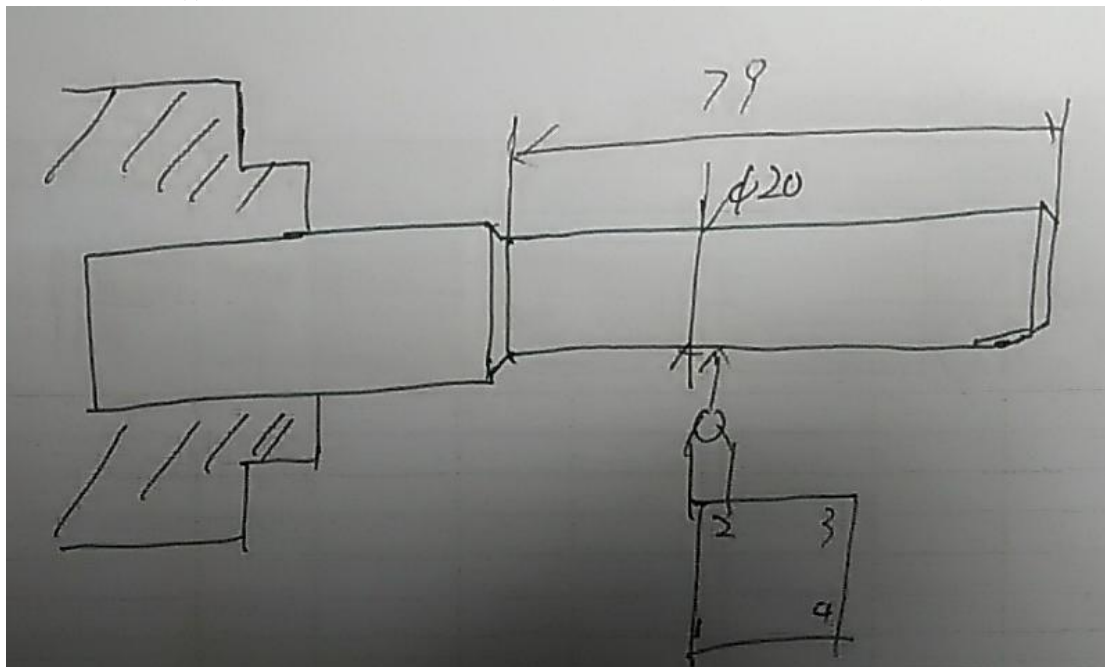


图 1-32 手柄花纹切削示意

(6) 调头装加工件,使工件露出长度大于125mm,参照左半部分的方法,将右半部份的阶梯轴切削完成。

第二章 钳工

2.1 教学基本要求

2.1.1 基本知识要求

- 1、了解钳工工作在机械制造中的作用；
- 2、掌握划线、锯削、锉削、钻孔、螺纹加工的基本操作方法和应用；
- 3、熟悉各种工具、量具的操作和测量方法；
- 4、了解钻床的主要结构，传动系统和安全使用方法；
- 5、了解钳工安全生产技术。

2.1.2 基本技能要求

- 1、掌握常用工具、量具的使用方法，正确独立完成钳工的各种操作，具有一定的实践能力；
- 2、独立完成考核作业件“工具锤锤头”的加工。

2.2 钳工实习安全技术要求

- 1、实习时，要穿工作服，不准穿拖鞋，操作机床时严禁戴手套，女同学要戴工作帽。
- 2、不准擅自使用不熟悉的机器和工具。设备使用前要检查，如发现损坏或其他故障时应停止使用并报告。
- 3、钳工操作要时刻注意安全，互相照应，防止意外。
- 4、要用刷子清理铁屑，不准用手直接清除，更不准用嘴吹，以免割伤手指和屑末飞入眼睛。
- 5、使用电器设备时，必须严格遵守操作规程，以防止触电。
- 6、要做到文明生产（实习），工作场地要保持整洁。使用的工具、量具要分类摆放，工件、毛坯和原材料应堆放整齐。

2.3 教学内容及进度安排

2.3.1 钳工基本操作（一）

2.3.1.1 指导教师讲解和演示部分

指导教师首先讲述实习要求，实习安全操作规程，实习内容及日程安排。

1、钳工概论。

讲述钳工的概念及加工范围，钳工的通用设备（钳工工作台、平台、虎钳、砂轮机），钳工基本操作内容（划线、锯削、锉削、钻孔、铰孔、攻螺纹与套螺纹、錾削、刮削及装配等），钳工工作在机械制造及维修中的地位及重要性。

2、划线。

讲述划线的作用、划线的种类、划线工具及使用方法、划线基准。示范讲解划线的基本操作方法。

3、锯削。

讲述手锯的组成（锯弓和锯条），锯条的材料、形状和锯路的作用，锯条的选用及安装，示范讲解锯削方法及操作要领。

4、锉削。

锉削的基本知识（锉削概念及应用，锉刀构造、种类和选用），示范讲解锉削的基本操作方法（锉刀握法、锉削姿势、锉削施力、平面锉削和圆弧面锉削方法、锉后工件的检验）及锉削操作时的注意事项。

2.3.1.2 学生操作练习部分

2.3.1.2.1 划线、锯切、锉削、銼削基本操作要点

1、划线

- 1) 熟悉图纸，了解加工要求，准备好划线工具和量具。
- 2) 清理工件表面，在工件划线部位涂上薄而均匀的涂料（紫色颜料加漆片、酒精）。
- 3) 确定划线基准，按图划出各部尺寸线。
- 4) 检查核对尺寸后打出样冲眼。打样冲眼时冲眼位置要准确，冲心不能偏离线条，圆孔中心处的冲眼最好要打大些，以便在钻孔时钻头容易对中。

2、锯切

- 1) 工件的安装。工件尽可能夹持在台虎钳的左边，要夹紧，以免工件移动或操作时碰伤手，工件伸出要短，防止锯削时产生振动而使锯条折短。
- 2) 锯条的安装。手锯是向前推动进行切削的，在向后返回时不起切削作用，因此安装锯条时要保证齿尖的方向朝前，锯条松紧要适当，过紧易蹦齿，过松易折断，一般用两个手指的力能旋紧为止，锯条安好不能有歪斜和扭转，否则容易折断锯条（如图 2-1）。
- 3) 手锯的握法和姿势。锯削时操作者的站立和姿势应便于用力，人体的重心均分在两腿上，右手握稳锯柄，左手扶在锯弓前端，锯削时推力和压力主要由右手控制（手锯握法如图 2-1）。

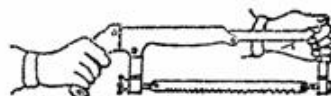
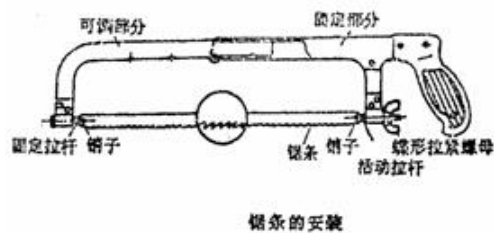


图 2-1 手锯安装及握法

4) 锯削操作。起锯时以左手拇指靠住锯条，右手稳推锯柄，起锯角度不易过大（如图 2-2），一般为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ，角度过大锯条易蹦齿，角度过小难以切入工件；锯缝歪斜不可强扭，应将工件翻转 90° 重新起锯以免折断锯条；锯削时尽量用锯条全长工作，往复次数通常以每分钟 30~50 次为宜，压力要轻用力要均匀，锯条要与工件表面垂直；锯出锯口后，逐渐将锯弓改成水平方向，将近锯断时，锯削速度要慢，压力要小，以防碰伤手臂。

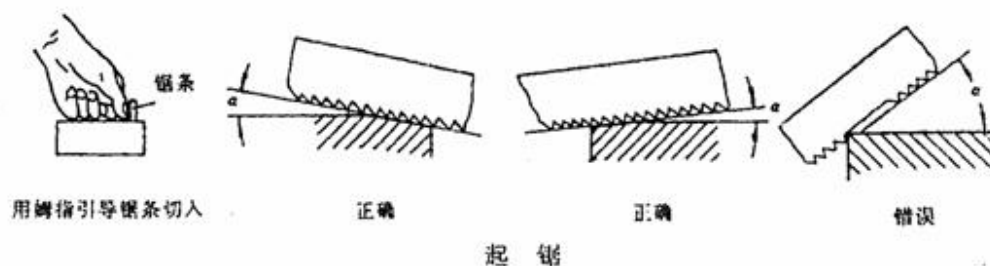


图 2-2 起锯方法

3、锉削

1) 锉刀握法。

正确握持锉刀有助于提高锉削质量，可根据锉刀大小和形状的不同，采用相应的握法。大锉刀握法是右手心抵着锉刀木柄的端头，大拇指放在锉刀木柄的上面，其余四指弯在下面，配合大拇指捏住锉刀木柄，左手一般压在锉刀的前端，四指向下弯曲；中锉刀的握法与大锉刀握法相同，而左手需用大拇指和食指捏住

锉刀前端；小锉刀握法一般只用右手拿着锉刀，食指放在锉刀上面，拇指放在锉刀的左侧（锉刀的握法如图 2-3 所示）。

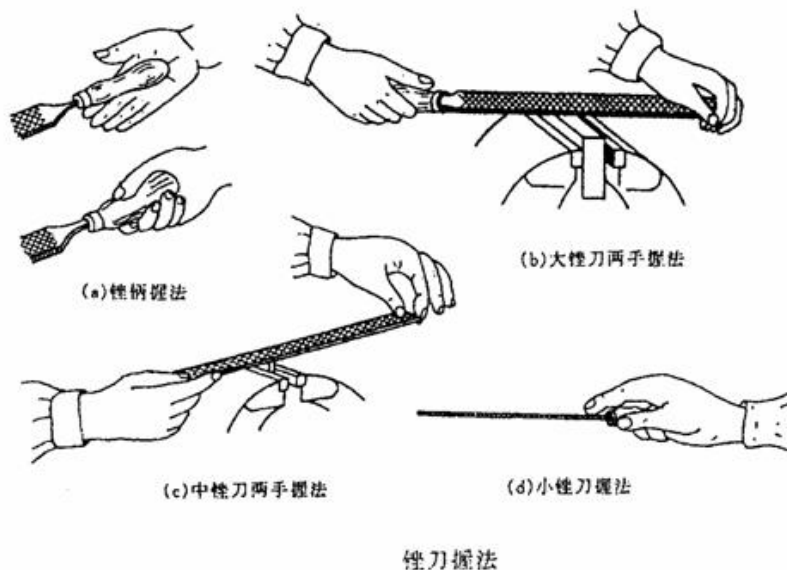


图 2-3 锉刀握法

2) 锉削的姿势。

正确的锉削姿势能减轻疲劳，提高锉削质量和效率。操作者应左腿弯曲，右腿伸直，身体向前倾斜，重心落在左腿上。锉削时，两脚站稳不动，靠左膝的屈伸使身体作往复运动，手臂和身体的运动要相互配合，并要使锉刀的全长充分利用。开始锉削时身体要向前倾斜 10° 左右，左肘弯曲，右肘向后。锉刀推出三分之一行程时，身体要向前倾斜约 15° 左右，这时左腿稍弯曲，左肘稍直，右臂向前推。锉刀推到三分之二行程时，身体逐渐倾斜到 18° 左右，最后左腿继续弯曲，左肘渐直，右臂向前使锉刀继续推进，直到推尽，身体随着锉刀的反方向退回到 15° 位置。行程结束后，把锉刀略为抬起，使身体与手回复到开始的姿势，如此反复完成锉削（锉削的姿势和动作如图 2-4 所示）。

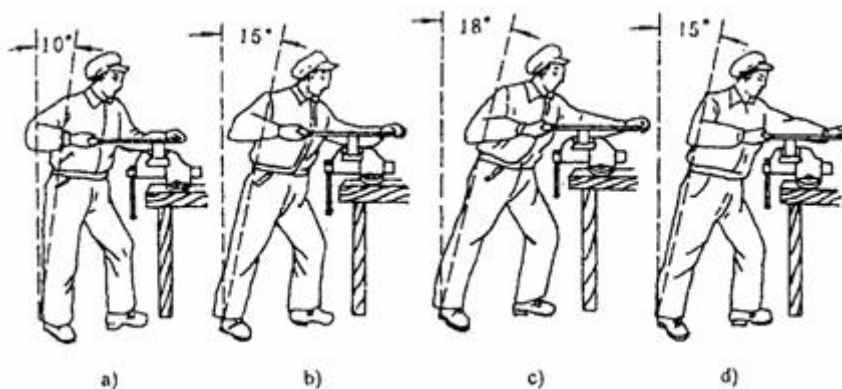


图 2-4 锉削动作

- a) 开始锉削时；b) 锉刀推出 1/3 行程时；
c) 锉刀推到 2/3 行程时；d) 锉刀行程推尽时

3) 锉削力的运用。

锉削时所施的力有水平推力和垂直压力两种，推力由右手控制，压力则由双手控制。由于锉刀两端伸出工件的长度随时都在变化，因此两手压力大小也必须随着变化，使两手压力对工件中心的力矩相等，这是保证锉刀平直运动的关键。方法是：随着锉刀的推进左手压力应由大而逐渐减小，右手的压力则由小而逐渐增大，到中间时两手压力相等。只有这样，才能使锉刀在工件的任意位置时锉刀对工件中心的力矩保持平衡。否则锉削表面将形成两边低而中间凸起的鼓形面（锉削时施力的变化如图 2-5 所示）。

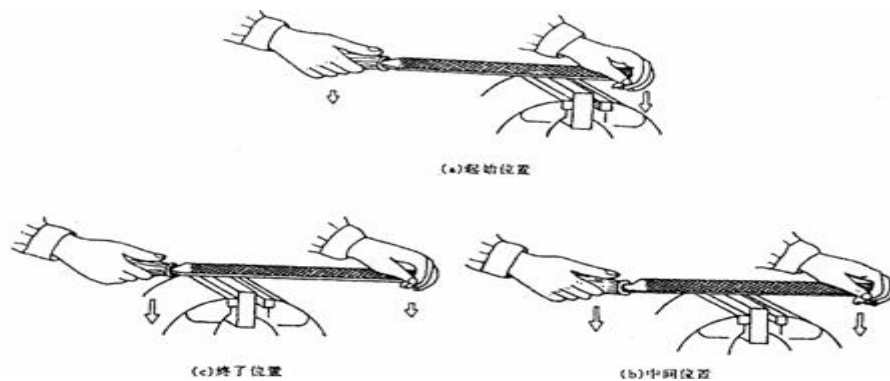
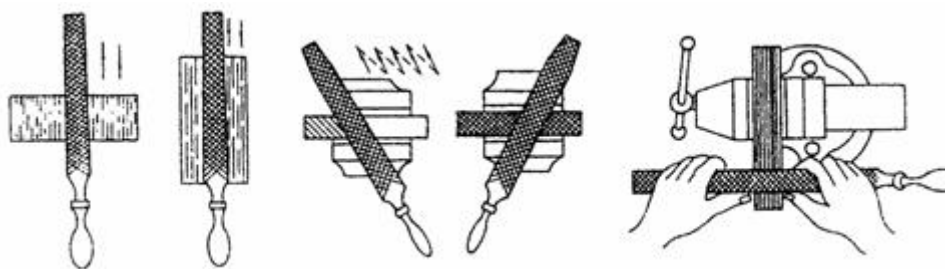


图 2-5 锉削时施力的变化

4) 锉削方法。

平面锉削常用有三种方法：

- 顺向锉法** 锉刀沿着工件表面横向或纵向移动，锉削平面可得到正直的锉痕，比较美观。一般用于最后的锉平或锉光。
- 交叉锉法** 以交叉的两个方向顺序对工件进行锉削。由于锉痕是交叉的，容易判断锉削表面的不平程度，因而容易把表面锉平。交叉锉法去屑较快，适于平面的粗锉。
- 推锉法** 两手对称地握住锉刀，用两大拇指推锉刀进行锉削。这种锉法适用于窄的表面而且已经锉平、加工余量很小的情况下，来修正尺寸和减小表面粗糙度（平面锉削方法如图 2-6 所示）。



(a) 顺向锉

(b) 交叉锉

(c) 推锉

图 2-6 平面锉削方法

圆弧面锉削有两种方法：

滚锉法和横锉法，锉削外圆弧面时，锉刀要同时完成两个运动，即锉刀的前推运动和绕圆弧面中心的转动。滚锉法是使锉刀顺着圆弧面锉削，此法用于精锉外圆弧面。横锉法是使锉刀横着圆弧面锉削，此锉法用于粗锉外圆弧面或不能用滚锉法加工的情况。

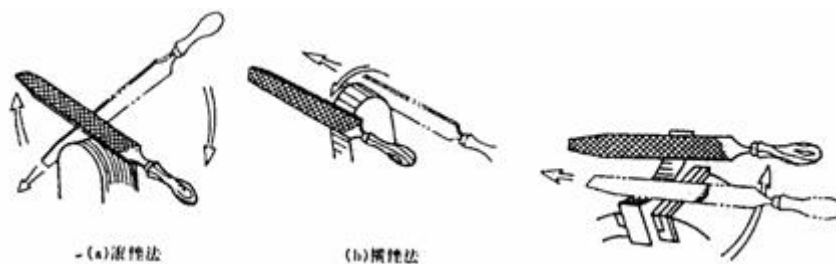


图 2-7 圆弧面锉削方法

内圆弧面锉削时锉刀要完成三个运动，锉刀的前推运动、锉刀的左右移动和锉刀自身的转动（圆弧面锉削方法如图 2-7 所示）。

锉后工件的检验：工件的尺寸可用钢板尺和游标卡尺检查，检查直线度和直角用直尺和直角尺根据透光来检查（如图 2-8 所示）。

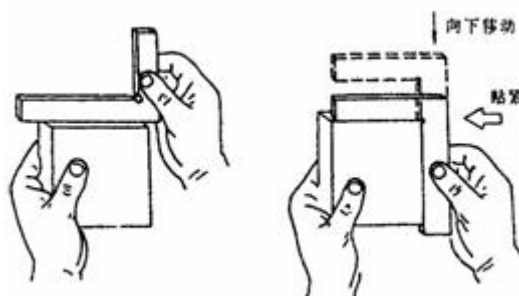


图 2-8 检查直线度和直角

2.3.1.2.2 学生进行划线、锯切、锉削操作，按图 2-9 加工“工具锤锤头”

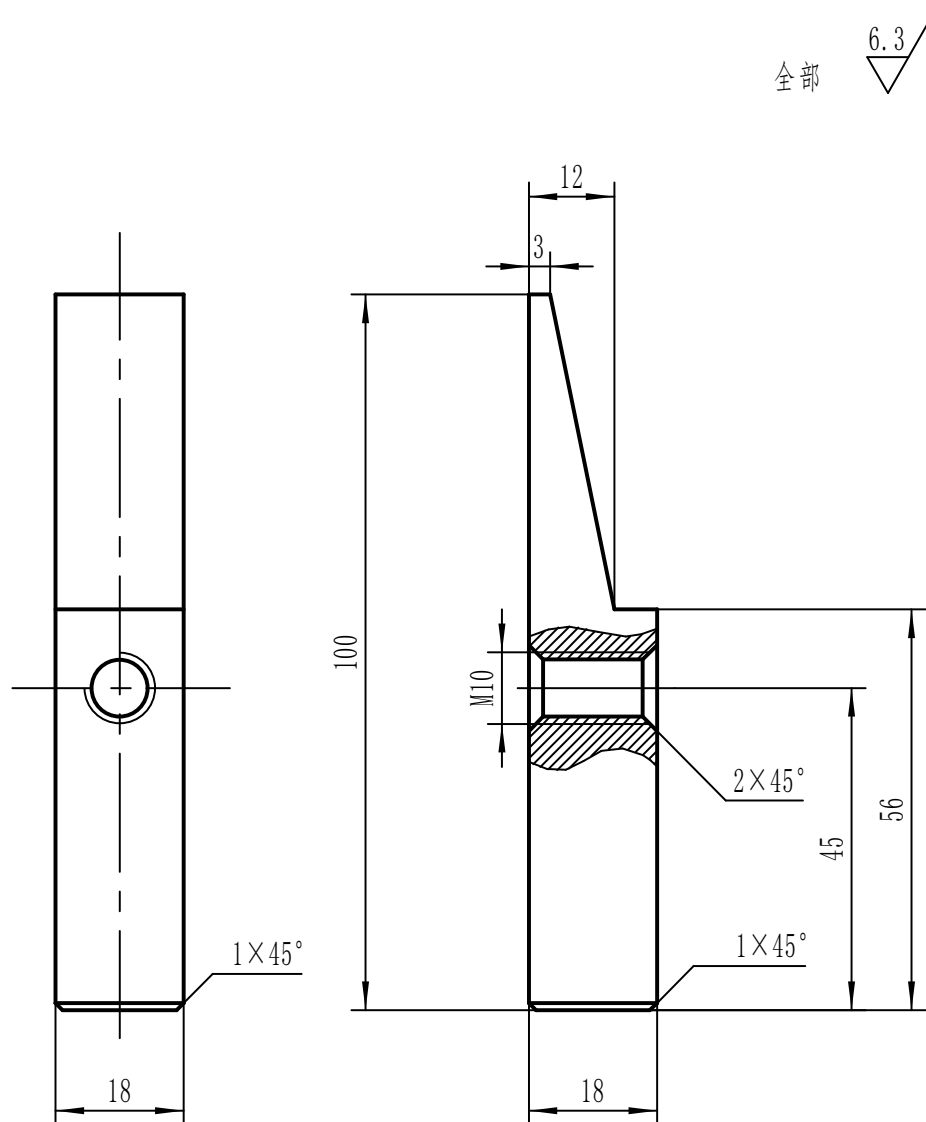


图 2-9 学生作业图纸

- 1、锯削。手锯下料 $20 \times 20 \times 105\text{mm}$ ；
- 2、锉削。锉平两端面，保证总长 100mm ，粗锉四周平面。
- 3、划线。
- 4、锯斜面。
- 5、锉削各表面达到图纸要求尺寸。用推锉法精锉四周各面，保证四周平面尺寸 $18 \times 18\text{mm}$ ；
- 6、划线。划出 $M10 \times 1.5-7H$ 螺纹孔中心线，并打出样冲眼。

2.3.2 钳工基本操作（二）

2.3.2.1 指导教师讲解和演示部分

- 1、孔加工。讲述钻孔的概念、作用，钻孔所用设备（钻床结构）和工具，工件及钻头的装夹方法，钻孔操作方法及注意事项并演示。
- 2、攻螺纹和套螺纹。讲述攻螺纹和套螺纹的概念及其加工工艺方法（螺纹尺寸计算）、所用工具（丝锥、铰杠、板牙、板牙架）、操作要领及注意事项并演示。

2.3.2.2 学生操作练习部分

2.3.2.2.1 学生进行钻孔、攻螺纹和套螺纹练习

1、钻孔

（1）工件划线。钻孔前的工件一般要进行划线，在工件孔的位置划出孔径圆，并在孔径圆上打样冲眼，划好孔径圆之后，把孔中心的样冲眼打大些，以便钻头定心。

（2）钻头的选择与刃磨。钻头的选择要根据孔径的大小和精度等级选择合适的钻头，对于直径小于 30 mm 较低精度的孔，可选用与孔径相同直径的钻头一次钻出；对于精度要求较高的孔，可选用小于孔径的钻头钻孔，留出加工余量再进行扩孔。钻孔前应检查两切削刃是否锋利对称，如果不合要求进行刃磨。刃磨钻头时，两条主切削刃要对称，两主切削刃之间夹角（顶角 2ϕ ）为 $116^\circ \sim 118^\circ$ ，顶角要被钻头中心线平分（如图 2-10 所示），刃磨过程中要经常蘸水冷却，以防过热使钻头硬度下降。

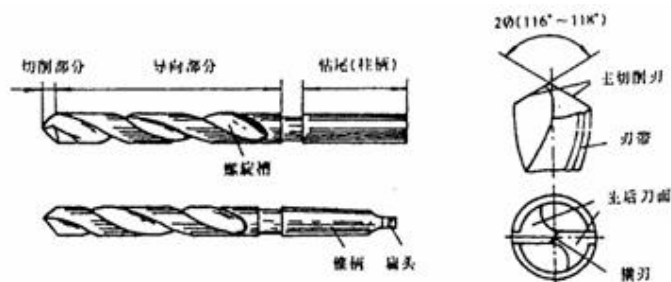


图 2-10 麻花钻

（3）钻头的安装 钻头柄部形状不同，装夹方法也不同，直柄钻头可以用钻夹头直接装夹（如图 2-11 所示），通过转动固紧扳手可以夹紧或放松钻头；锥柄钻头可以直接装在机床主轴的锥孔内，钻头锥柄尺寸较小时，可以用钻套过渡连接（如图 2-12 所示）。

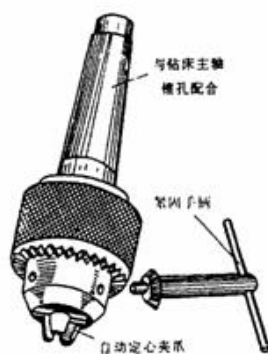


图 2-11 钻夹头

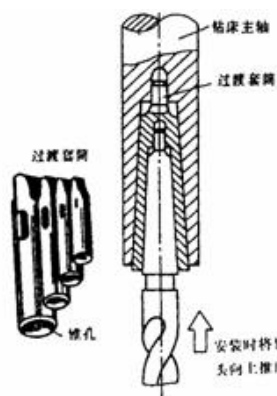


图 2-12 锥柄钻头的安装

(4) 工件的安装 钻孔时应保证被钻孔的中心与钻床工作台面垂直，为此可以根据工件大小、形状选择合适的装夹方法。对中、小型规则工件用平口钳装夹；在圆柱面上钻孔时用 V 型铁装夹；较大的工件或形状不规则的工件可以用压板螺栓直接装夹在钻床工作台上（钻孔时工件的装夹如图 2-13 所示）。

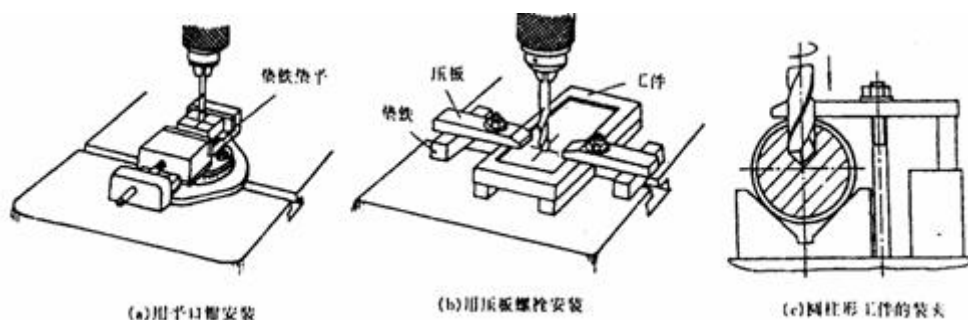


图 2-13 钻床上工件的装夹

(5) 钻孔操作开始钻孔时，应进行试钻，即用钻头尖在孔中心上钻一浅坑（约占孔径 $1/4$ 左右），检查坑的中心是否与划线圆同心，如有偏移应及时纠正，偏移较小时可以用样冲重新打样冲眼纠正中心位置后再钻。钻通孔应注意将要钻通时进给量要小，防止钻头在钻通孔的瞬间抖动，损坏钻头；钻不通孔（盲孔）则要调整好钻床上深度标尺的档块，或安置控制长度的量具，也可以用粉笔在钻头上画出标记。钻深孔（孔深大于孔径四倍）和钻较硬的材料时，要经常退出钻头及时排屑和冷却，否则容易造成切屑堵塞或钻头过度磨损甚至折断。

2、攻螺纹

(1) 攻螺纹工具。攻螺纹的主要工具是丝锥和铰杠（扳手）。丝锥分手用丝锥和机用丝锥，手用丝锥用于手工攻螺纹，机用丝锥用于在机床上攻螺纹。通常

丝锥由两只组成一套，使用时先用头锥，然后再用二锥，头锥完成全部切削量的大部分，剩余小部分切削量将由二锥完成。

(2) 攻螺纹前螺纹底孔直径和深度的确定。钻普通螺纹底孔用的钻头直径可用下列经验公式计算：加工钢件和塑性材料钻孔直径 $d_0 = D - P$ ，式中： D 为内螺纹大径， P 为螺距。加工铸铁等脆性材料时钻头直径 $d_0 = D - 1.1P$ 。攻不通孔螺纹时由于丝锥不能攻到底，所以底孔深度要大于螺纹部分的长度，其钻孔深度 = 螺纹孔深度 + 0.7D。

(3) 攻螺纹操作。开始时，必须将丝锥垂直地放在工件孔内，然后用铰杠轻压旋入。当丝锥的切削部分已经进入工件时，即可转动，不加压。每转一周应反转 $1/4$ 周，以便断屑。用二锥时先把丝锥放入孔内，旋入几扣后，再用铰杠转动。转动时不需加压。攻塑性材料的螺纹孔时要加切削液，以减少磨擦提高螺纹光滑程度。当攻丝结束（或转动丝锥费力）时不能硬扳，以防折断丝锥。

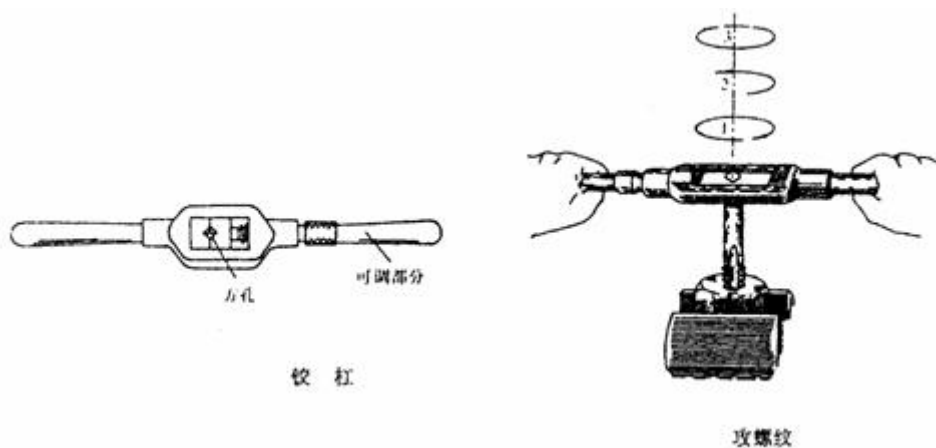


图 2-14 攻螺纹

3、套螺纹

(1) 套螺纹工具。套螺纹的主要工具是板牙和板牙架，使用时先将板牙装入板牙架，拧紧固定螺钉。

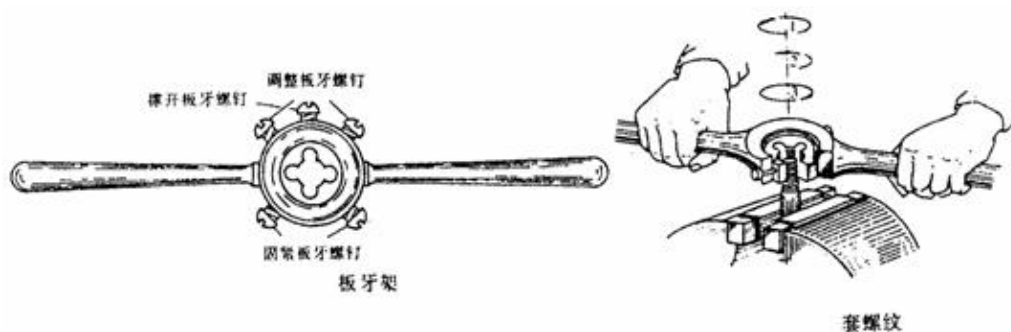


图 2-15 套螺纹

(2) 圆杆直径的确定。套螺纹时，圆杆直径太大，板牙难以套入，太小则螺纹牙型不完整。圆杆直径可根据下列经验公式计算：圆杆直径=外螺纹大径-0.13×螺距。圆杆的端部应倒角，以便板牙套入。

(3) 套螺纹操作。套螺纹时应将圆杆垂直夹在台虎钳上，保持板牙端面与圆杆轴线垂直，开始套螺纹时，为使板牙切入圆杆，要稍加压力，转入几圈后，即可只旋转，不施压。为了断屑，每转一周应反转 1/4 周。套钢件时要加切削液。

2.3.2.2.2 学生继续按图 2.9 加工“工具锤锤头”

- 1、钻通孔；
- 2、攻螺纹，用丝锥攻出 M10×1.5-7H 螺纹，攻螺纹时要先用头锥后用二锥攻，每转一周应反转 1/4 周，以便断屑；
- 3、抛光，用砂布将各加工面抛光；
- 4、打字，在一标记处打出班级代号的后两位和两位学号；
- 5、锤子柄套螺纹。

第三章 铸造实习

3.1 铸造实习的目的和要求

3.1.1 铸造实习课程内容

主要讲解铸造基础概论，砂型铸造的工艺过程，造型材料，常用砂型铸造方法，整模造型、挖沙造型等常用的手工造型方法；介绍熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造等特种铸造方法及现代铸造技术的发展以及铸件质量的评价和常见缺陷的分析。

3.1.2 铸造实习的目的和作用

铸造热加工的主要方法之一是训练学生的动手及动脑能力。学生通过对各种造型方法的实际操作，了解铸造的基本工艺，增加对铸造的感性认识。通过亲手制作手工砂型，体验铸造造型方法及铸造的优点。通过对铸造缺陷的认识和原因分析，从中掌握更多的铸造知识。

3.1.3 铸造实习具体要求

了解铸造生产的工艺过程、特点和应用。知道铸造常用的工具和设备名称及其作用，了解主要型（芯）砂的性能及配比。掌握手工两箱造型（整模、分模、挖沙造型等）的特点及操作技能，了解其他手工造型方法的特点及应用，了解机器造型的特点及造型机的工作原理。熟悉铸件分型面的选择，并能对铸件进行初步工艺分析。了解铸铁、铸钢、铝合金的熔炼方法和浇铸工艺，了解铸件的落砂和清理，了解铸件的常见缺陷及生产的原因，了解铸造生产安全技术及简单经济分析。

3.1.4 铸造实习安全事项

1. 必须穿戴好工作服，禁止穿短裤、露脚面凉鞋或拖鞋者入场；
2. 禁止在车间里追、跑、打、斗；
3. 造型时禁止用嘴吹型（芯）砂，要使用手风器（皮老虎），并选择无人的方向吹，以防将砂粒吹入他人眼中。不准把手风器当玩具开玩笑；
4. 正确使用造型工具，安全翻转和搬动砂箱，防止压伤手脚以及损坏砂型；
5. 造型中，要保证分型面平整、吻合，同时要有足够气孔排气，以防气爆伤人。
6. 浇注时，操作者应注意浇包内的金属液不可过满，在搬运浇包和浇注过程中要保持平稳，严防发生倾翻和飞溅事故。非操作者应远离浇包；
7. 浇注后，铸件应保持足够的冷却时间，不可用手、脚触及未冷却的铸件；
8. 清理铸件时，应要注意周围环境，正确使用清理工具，合理掌握用力的

大小和方向，以免伤人。

9. 要文明实习，每天实习完毕，将造型工具清点好，摆放在工具箱内，并清理好现场。

10. 不得擅自用设备及电源开关。

3.2 铸工概述

3.2.1 铸造的辉煌历史

在材料成形工艺发展过程中，铸造是历史上最悠久的一种工艺，在我国已有六千多年历史了。从殷商时期就有灿烂的青铜器铸造技术。河南安阳出土的商代祭器司母戊鼎，重达八百多千克，长、高都超过 1m，四周饰有精美的蟠龙纹及饕餮（古代传说中的一种野兽）。北京明代永乐青铜大钟重达 46.5t，钟高 6.75m，钟唇厚 22cm，外径 3.3m，钟体内遍铸经文 22.7 万字，击钟时尾音长达 2 分钟以上，传距 20km。外形和内腔如此复杂、重量如此巨大、质量要求如此高的青铜大钟，若不采用铸造方法和具有精湛的铸造技术，是难以用其他任何方法制造的。



图 3-1 司母戊鼎



图 3-2 永乐大钟

3.2.2 铸造及其特点

铸造是熔炼金属，制造铸型，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状和性能铸件的成形方法。铸件一般是毛坯，经切削加工等才成为零件。零件精度要求较低和表面粗糙度，参数允许值较大，但经过特种铸造的铸件也可直接使用。

铸造生产是机械制造业中一项重要的毛坯制造工艺过程，其质量和产量以及精度等直接影响到机械产品的质量、产量和成本。铸造生产的现代化程度，反映了机械工业的水平，反映了清洁生产和节能省材的工艺水准。

铸造生产方法很多，常见有两类：

(1) 砂型铸造 用型砂紧实成型的铸造方法。型砂来源广泛，价格低廉，且砂型铸造方法适应性强，因而是目前生产中用得最多、最基本的铸造方法。

(2) 特种铸造 与砂型铸造不同的其它铸造方法，如熔模铸造、金属型铸

造、压力铸造、低压铸造和离心铸造等。

铸造生产具有以下优点：

(1) 可以制成外形和内腔十分复杂的毛坯，如各种箱体、床身、机架等。

如图 3-3 所示三通铸件，难以用机加工的方法成批制造，当采用了型芯形成三通的内部腔后，三通铸件的大批量生产问题便迎刃而解了。

(2) 适用范围广，可铸造不同尺寸、重量及各种形状的工件；也适用于不同材料，如铸铁、铸钢、非铁合金。铸件重量可以从几克到二百吨以上。

(3) 原材料来源广泛，还可利用报废的机件或切屑；工艺设备费用小，成本低。

(4) 所得铸件与零件尺寸较接近，可节省金属的消耗，减少切削加工工作量。

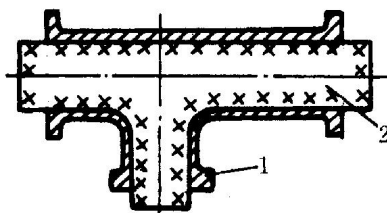


图 3-3 型芯形成内型的三通铸件示意图

1-铸件 2-型芯

但铸件也有力学性能较差，生产工序多，质量不稳定，工人劳动条件差等缺点。随着铸造合金、铸造工艺技术的发展，特别是精密铸造的发展和新型铸造合金的成功应用，使铸件的表面质量、力学性能都有显著提高，铸件的应用范围日益扩大。

铸件广泛用于机床制造、动力、交通运输、轻纺机械、冶金机械等设备。铸件重量占机器总重量的 40%~85%。

3.2.3 铸造的分类

3.2.4 铸造生产常规工艺流程

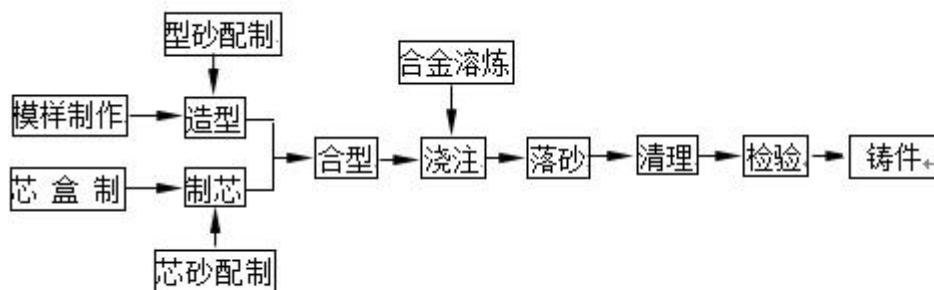
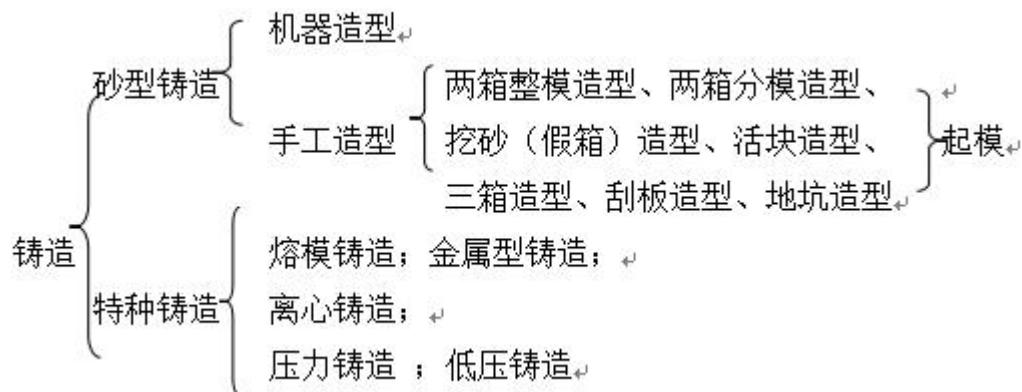


图 3-4 铸造生产常规工艺流程

3.3 砂型铸造工艺

3.3.1 型砂和芯砂的制备

砂型铸造用的造型材料主要是用于制造砂型的型砂和用于制造砂芯的芯砂。通常型砂是由原砂（山砂或河砂）、粘土和水按一定比例混合而成，其中粘土约为 9%，水约为 6%，其余为原砂。有时还加入少量如煤粉、植物油、木屑等附加物以提高型砂和芯砂的性能。紧实后的型砂结构如图 3-5 所示。

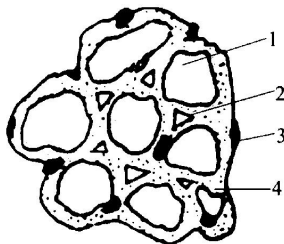


图 3-5 型砂结构示意图

1-砂粒 2-空隙 3-附加物 4-粘土膜

芯砂由于需求量少，一般用手工配制。型芯所处的环境恶劣，所以芯砂性能要求比型砂高，同时芯砂的粘结剂（粘土、油类等）比型砂中的粘结剂的比重要大一些，所以其透气性不及型砂，制芯时要做出透气道（孔）；为改善型芯的退让

性，要加入木屑等附加物。有些要求高的小型铸件往往采用油砂芯（桐油+砂子，经烘烤至黄褐色而成）。

3.3.2 型砂的性能

型砂的质量直接影响铸件的质量，型砂质量差会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂、夹砂等缺陷。良好的型砂应具备下列性能：

1. 透气性 型砂能让气体透过的性能称为透气性。高温金属液浇入铸型后，型内充满大量气体，这些气体必须由铸型内顺利排出去，否则将使铸件产生气孔、浇不足等缺陷。

铸型的透气性受砂的粒度、粘土含量、水分含量及砂型紧实度等因素的影响。砂的粒度越细，粘土及水分含量越高，砂型紧实度越高，透气性则越差。

2. 强度 型砂抵抗外力破坏的能力称为强度。型砂必须具备足够高的强度才能在造型、搬运、合箱过程中不引起塌陷，浇注时也不会破坏铸型表面。型砂的强度也不宜过高，否则会因透气性、退让性的下降使铸件产生缺陷。

3. 耐火性 指型砂抵抗高温热作用的能力。耐火性差，铸件易产生粘砂。型砂中 SiO_2 含量越多，型砂颗粒就越大，耐火性越好。

4. 可塑性 指型砂在外力作用下变形，去除外力后能完整地保持已有形状的能力。可塑性好，造型操作方便，制成的砂型形状准确、轮廓清晰。

5. 退让性 指铸件在冷凝时，型砂可被压缩的能力。退让性不好，铸件易产生内应力或开裂。型砂越紧实，退让性越差。在型砂中加入木屑等物可以提高退让性。

在单件小批生产的铸造车间里，常用手捏法来粗略判断型砂的某些性能，如用手抓起一把型砂，紧捏时感到柔软容易变形；放开后砂团不松散、不粘手，并且手印清晰；把它折断时，断面平整均匀并没有碎裂现象，同时感到具有一定强度，就认为型砂具有了合适的性能要求，如图 3-6 所示。

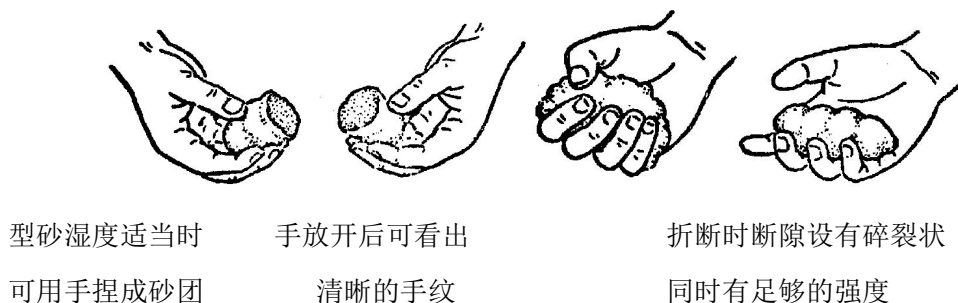


图 3-6 手捏法检验型砂

3.3.3 铸型的组成

铸型是根据零件形状用造型材料制成的，铸型可以是砂型，也可以是金属型。

砂型是由型砂（型芯砂）做造型材料制成的。它是用于浇注金属液，以获得形状、尺寸和质量符合要求的铸件。

铸型一般由上型、下型、型芯、型腔和浇注系统组成，如图 3-7 所示。铸型组元间的接合面称为分型面。铸型中造型材料所包围的空腔部分，即形成铸件本体的空腔称为型腔。液态金属通过浇注系统流入并充满型腔，产生的气体从出气口等处排出砂型。

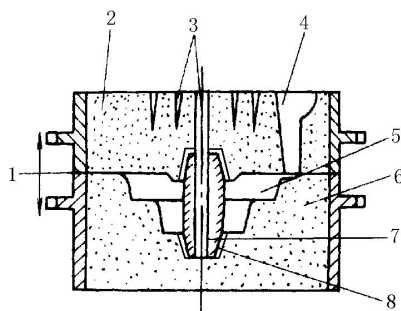


图 3-7 铸型装配图

1-分型面 2-上型 3-出气孔 4-浇注系统 5-型腔 6-下型 7-型芯 8-芯头芯座

3.3.4 浇冒口系统

1. 浇注系统 浇注系统是为金属液流入型腔而开设于铸型中的一系列通道。其作用是：

- （1）平稳、迅速地注入金属液；
- （2）阻止熔渣、砂粒等进入型腔；
- （3）调节铸件各部分温度，补充金属液在冷却和凝固时的体积收缩。

2. 正确地设置浇注系统，对保证铸件质量、降低金属的消耗量有重要的意义。若浇注系统不合理，铸件易产生冲砂、砂眼、渣孔、浇不到、气孔和缩孔等缺陷。典型的浇注系统由外浇口、直浇道、横浇道和内浇道四部分组成，如图 3-8 所示。对形状简单的小铸件可以省略横浇道。

（1）外浇口 其作用是容纳注入的金属液并缓解液态金属对砂型的冲击。小型铸件通常为漏斗状（称浇口杯），较大型铸件为盆状（称浇口盆）。

（2）直浇道 它是连接外浇口与横浇道的垂直通道。改变直浇道的高度可以改变金属液的静压力大小和改变金属液的流动速度，从而改变液态金属的充型能力。如果直浇道的高度或直径太大，会使铸件产生浇不足的现象。为便于取出

直浇道棒，直浇道一般做成上大下小的圆锥形。

(3) 横浇道 它是将直浇道的金属液引入内浇道的水平通道，一般开设在砂型的分型面上，其截面形状一般是高梯形，并位于内浇道的上面。横浇道的主要作用是分配金属液进入内浇道和起挡渣作用。

(4) 内浇道 它是直接与型腔相连，并能调节金属液流入型腔的方向和速度、调节铸件各部分的冷却速度。内浇道的截面形状一般是扁梯形和月牙形，也可作为三角形。

3. 冒口 常见的缩孔、缩松等缺陷是由于铸件冷却凝固时体积收缩而产生的。为防止缩孔和缩松，往往在铸件的顶部或厚实部位设置冒口。冒口是指在铸型内特设的空腔及注入该空腔的金属。冒口中的金属液可不断地补充铸件的收缩，从而使铸件避免出现缩孔、缩松。冒口是多余部分，清理时要切除掉。冒口除了补缩作用外，还有排气和集渣的作用。

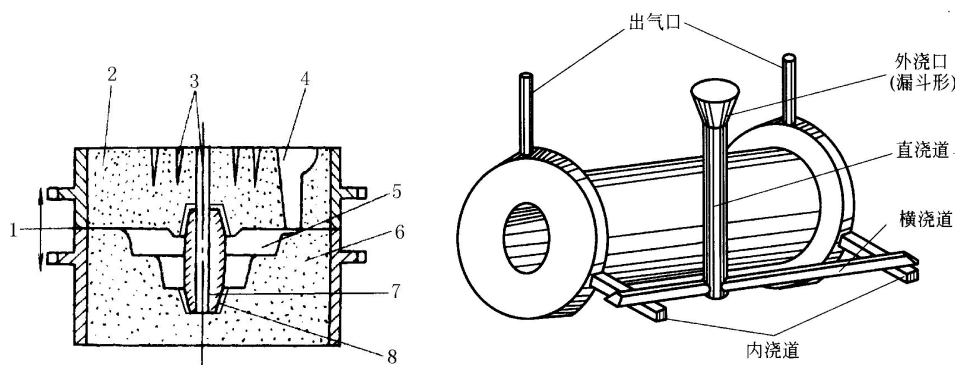


图 3-8 典型浇注系统

3.3.5 模样和芯盒的制造

模样是铸造生产中必要的工艺装备。对具有内腔的铸件，铸造时内腔由砂芯形成，因此还要制造砂芯用的芯盒。制造模样和芯盒常用的材料有木材、金属和塑料。在单件、小批量生产时广泛采用木质模样和芯盒，在大批量生产时多采用金属或塑料模样、芯盒。金属模样与芯盒的使用寿命长达 10 万~30 万次，塑料的使用寿命最多几万次，而木质的仅 1000 次左右。

为了保证铸件质量，在设计和制造模样和芯盒时，必须先设计出铸造工艺图，然后根据工艺图的形状和大小，制造模样和芯盒。在设计工艺图时，要考虑下列一些问题(见图 3-9)：

1. 分型面的选择 分型面是上、下砂型的分界面，选择分型面时必须使模样能从砂型中取出，并使造型方便和有利于保证铸件质量。

2. 拔模斜度 为了易于从砂型中取出模样，凡垂直于分型面的表面，都做

出 $0.5^{\circ} \sim 4^{\circ}$ 的拔模斜度。

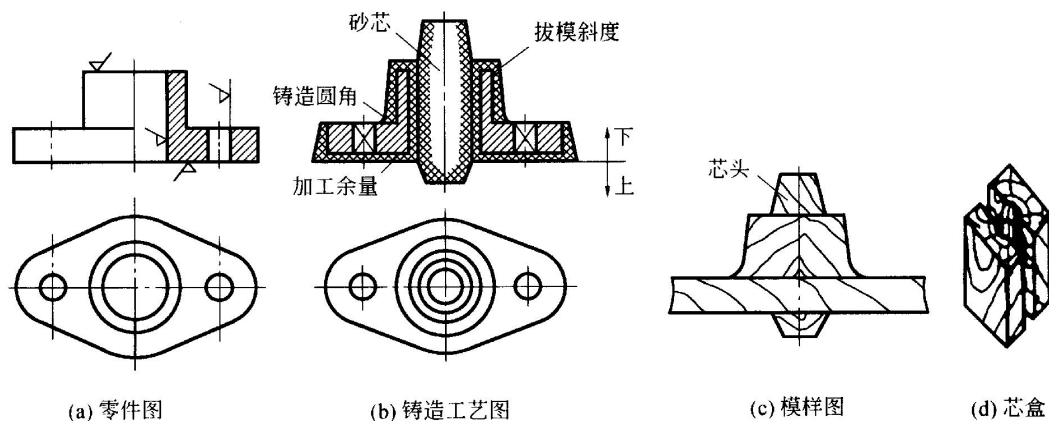


图 3-9 压盖零件的铸造工艺图及相应的模样图

3. 加工余量 铸件需要加工的表面，均需留出适当的加工余量。

4. 收缩量 铸件冷却时要收缩，模样的尺寸应考虑铸件收缩的影响。通常用于铸铁件的要加大 1%；铸钢件的加大 1.5%~2%；铝合金件的加大 1%~1.5%。

5. 铸造圆角 铸件上各表面的转折处，都要做成过渡性圆角，以利于造型及保证铸件质量。

6. 芯头 有砂芯的砂型，必须在模样上做出相应的芯头。

图 3-9 是压盖零件的铸造工艺图及相应的模样图。从图中可见模样的形状和零件图往往是不完全相同的。

3.4 合金的熔炼

合金熔炼的目的是要获得符合要求的金属熔液。不同类型的金属，需要采用不同的熔炼方法及设备。如钢的熔炼是用转炉、平炉、电弧炉、感应电炉等；铸铁的熔炼多采用冲天炉；而非铁金属如铝、铜合金等的熔炼，则用坩埚炉。

3.4.1 铝合金的熔炼

铸铝是工业生产中应用最广泛的铸造非铁合金之一。由于铝合金的熔点低，熔炼时极易氧化、吸气，合金中的低沸点元素（如镁、锌等）极易蒸发烧损，故铝合金的熔炼应在与燃料和燃气隔离的状态下进行。

1. 铝合金的熔炼设备

铝合金的熔炼一般是在坩埚炉内进行，根据所用热源不同，有焦炭加热坩埚炉、电加热坩埚炉等不同形式，如图 3-10 所示。

通常用的坩埚有石墨坩埚和铁质坩埚两种。石墨坩埚是用耐火材料和石墨混合成型烧制而成。铁质坩埚是由铸铁或铸钢铸造而成，可用于铝合金等低熔点

合金的熔炼。

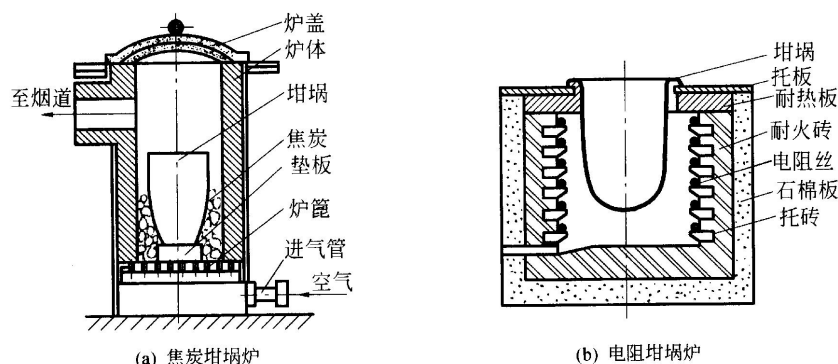


图 3-10 铝合金熔炼设备

2. 铝合金的熔炼

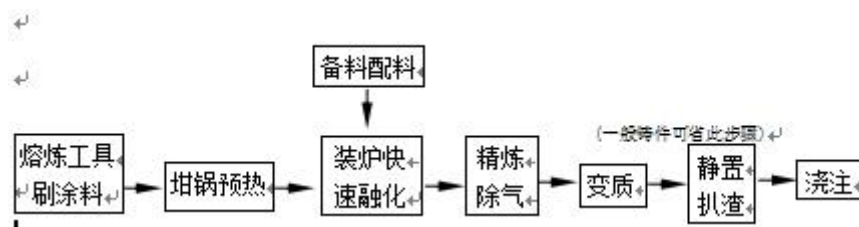
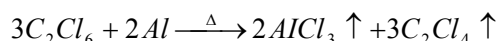


图 3-11 铝合金熔炼过程

(1) 根据牌号要求进行配料计算和备料。据笔者经验，以铝锭重量为计算依据(因铝锭不好锯切加工)，再反求其他化学成分。如新料成分占大部分，可按化学成分的上限值配料，一般减去烧损后仍能达标。注意，所有炉料均要烘干后再投入坩锅内，尤其是在湿度大的时节，以免铝液含气量大，即使通过除气工序也很难除净。

(2) 空坩锅预热到暗红后投金属料并加入烘干后的覆盖剂(以熔融后刚刚能覆盖住铝液表面为宜)，快速升温熔化。铝液开始熔成液体后，须停止鼓风，在非阳光直射时观察，若铝液表面呈微暗红色(温度为 680~720℃)，可以除气。

(3) 精炼。常使用六氯乙烷(C₂Cl₆)精炼。用钟罩(状如反转的漏勺)压入为炉料总量 0.2%~0.3% 的六氯乙烷(C₂Cl₆) (最好压成块状)，钟罩压入深度距坩锅底部 100~150mm，并作水平缓慢移动，此时，因 C₂Cl₆ 和铝液发生下列反应：



形成大量气泡，将铝液中的 H₂ 及 Al₂O₃ 夹杂物带到液面，使合金得到净化。注意使用时应通风良好，因为 C₂Cl₆ 预热分解的 C₂Cl₂ 和 C₂Cl₄ 均为强刺激性气体。除气精炼后立刻除去熔渣，静置 5~10 分钟。

接着检查铝液的含气量。常用如下办法检测：用小铁勺舀少量铝液，稍降温片刻后，用废钢锯片在液面拨动，如没有针尖突起的气泡，则证明除气效果好，如仍有为数不少的气泡，应再进行一次除气操作。

(4) 浇注。对于一般要求的铸件在检查其含气量后就可浇注。浇注时视铸件厚薄和铝液温度高低，分别控制不同的浇注速度。浇注时浇包对准浇口杯先慢浇，待液流平稳后，快速浇入，见合金液上升到冒口颈后浇速变慢，以增强冒口补缩能力。如有型芯的铸件，在即将浇入铝液时用火钳在通气孔处引气，可减少或避免“呛火”现象和型芯气体进入铸件的机会。

(5) 变质。对要求提高机械性能的铸件还应在精炼后，在 $730\sim 750^{\circ}\text{C}$ 时，用钟罩压入为炉料总量 $1\%\sim 2\%$ 的变质剂。常用变质剂配方为： $\text{NaCl}35\% + \text{NaF}65\%$ 。

(6) 获得优质铝液的主要措施是：隔离（隔绝合金液与炉气接触）、除气、除渣、尽量少搅拌、严格控制工艺过程。

3.4.2 铸铁的熔炼

在铸造生产中，铸铁件占铸件总重量的 $70\%\sim 75\%$ ，其中绝大多数采用灰铸铁。为获得高质量的铸铁件，首先要熔化出优质铁水。

1. 铸件的熔炼要求：

- ① 铁水温度要高；
- ② 铁水化学成分要稳定在所要求的范围内；
- ③ 提高生产率，降低成本。

2. 铸件的熔炼设备：

① 冲天炉的构造

冲天炉是铸铁熔炼的设备，如图 3-12 所示。炉身是用钢板弯成的圆筒形，内砌以耐火砖炉衬。炉身上部有加料口、烟囱、火花罩，中部有热风胆，下部有热风带，风带通过风口与炉内相通。从鼓风机送来的空气，通过热风胆加热后经风带进入炉内，供燃烧用。风口以下为炉缸，熔化的铁液及炉渣从炉缸底部流入前炉。

冲天炉的大小是以每小时能熔炼出铁液的重量来表示，常用的为 $1.5\sim 10\text{t/h}$ 。

3. 冲天炉炉料及其作用

(1) 金属料

金属料包括生铁、回炉铁、废钢和铁合金等。生铁是对铁矿石经高炉冶炼后

的铁碳合金块，是生产铸铁件的主要材料；回炉铁如浇口、冒口和废铸件等，利用回炉铁可节约生铁用量，降低铸件成本；废钢是机加工车间的钢料头及钢切屑等，加入废钢可降低铁液碳的含量，提高铸件的力学性能；铁合金如硅铁、锰铁、铬铁以及稀土合金等，用于调整铁液化学成分。

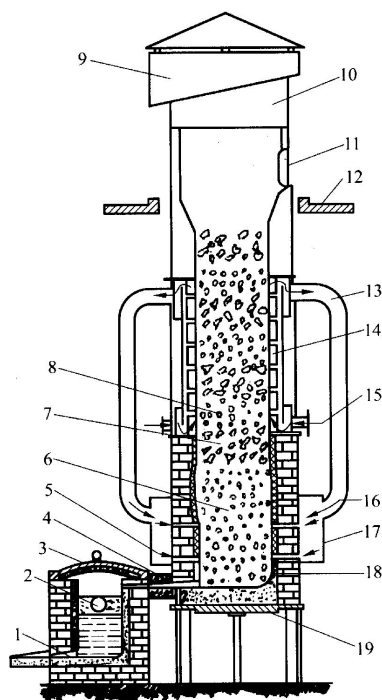


图 3-12 冲天炉的构造

- 1-出铁口 2-出渣口 3-前炉 4-过桥 5-风口 6-底焦 7-金属料 8-层焦
9-火花罩 10-烟囱 11-加料口 12-加料台 13-热风管 14-热风胆
15-进风口 16-热风 17-风带 18-炉缸 19-炉底

(2) 燃料

冲天炉熔炼多用焦炭作燃料。通常焦炭的加入量一般为金属料的 $1/12 \sim 1/8$ ，这一数值称为焦铁比。

(3) 熔剂

熔剂主要起稀释熔渣的作用。在炉料中加入石灰石 (CaCO_3) 和萤石 (CaF_2) 等矿石，会使熔渣与铁液容易分离，便于把熔渣清除。熔剂的加入量为焦炭的 25%—30%。

4. 冲天炉的熔炼原理

在冲天炉熔炼过程中，炉料从加料口加入，自上而下运动，被上升的高温炉气预热，温度升高；鼓风机鼓入炉内的空气使底焦燃烧，产生大量的热。当炉料下落到底焦顶面时，开始熔化。铁水在下落过程中被高温炉气和灼热焦炭进一步加热(过热)，过热的铁水温度可达 1600°C 左右，然后经过过桥流入前炉。此后

铁水温度稍有下降，最后出铁温度为 $1380\sim 1430^{\circ}\text{C}$ 。

冲天炉内铸铁熔炼的过程并不是金属炉料简单重熔的过程，而是包含一系列物理、化学变化的复杂过程。熔炼后的铁水成分与金属炉料相比较，含碳量有所增加；硅、锰等合金元素含量因烧损会降低；硫含量升高，这是焦炭中的硫进入铁水中所引起的。

3.5 造型

用型砂及模样等工艺装备制造铸型的过程称为造型。造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。

3.5.1 手工造型

手工造型操作灵活，使用 3-13 所示的造型工具可进行整模两箱造型、分模造型、挖砂造型、活块造型、假箱造型、刮板造型及三箱造型等。根据铸件的形状、大小和生产批量选择造型方法。

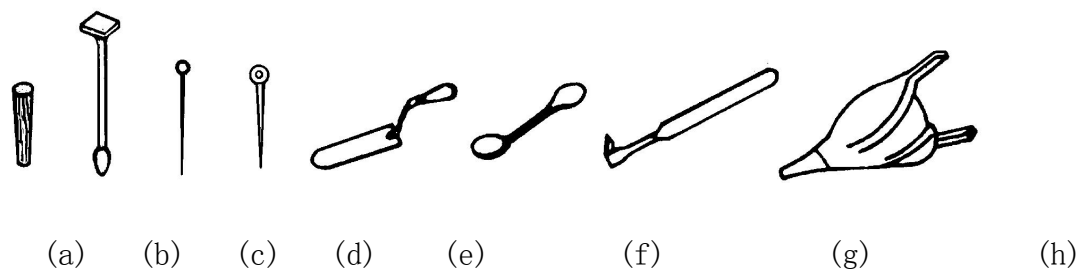
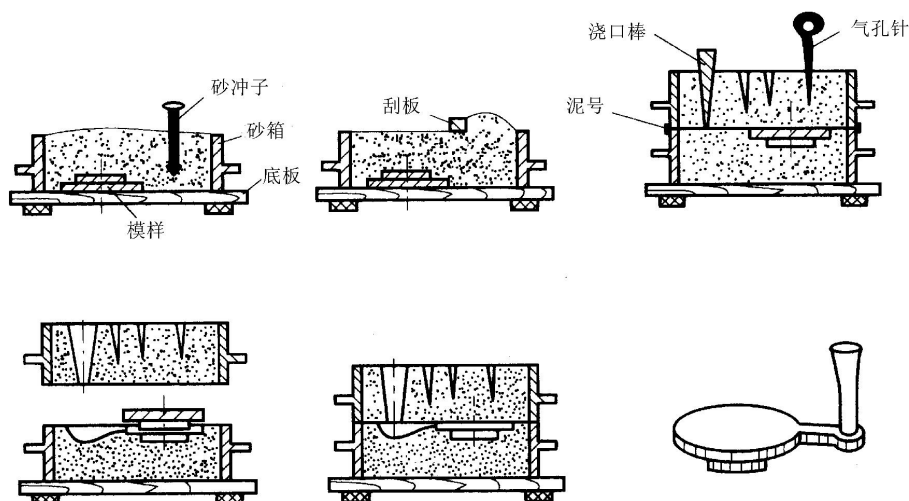


图 3-13 常用手工造型工具

a) 浇口棒 b) 砂冲子 c) 通气针 d) 起模针 e) 堰刀 f) 秋叶 g) 砂勾 h) 皮老虎

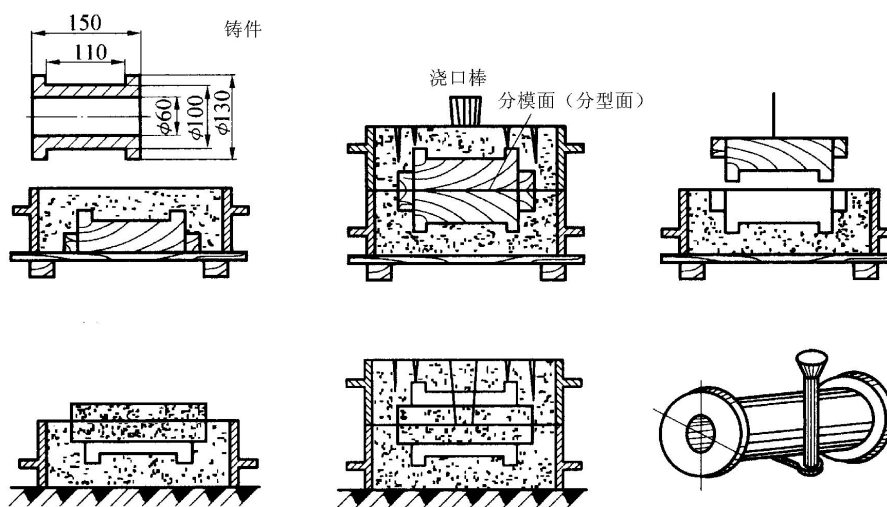


(a) 造下砂型、添砂、舂砂 (b) 刮平、翻箱 (c) 造上型、扎气孔、做泥号
(d) 起箱、起模、开浇口 (e) 合型 (f) 落砂后带浇口的铸件

图 3-14 齿轮整模造型过程

1. 整模造型 整模造型过程如图 3-14 所示。整模造型的特点是：模样是整体结构，最大截面在模样一端为平面；分型面多为平面；操作简单。整模造型适用于形状简单的铸件，如盘、盖类。

2. 分模造型 分模造型的特点是：模样是分开的，模样的分开面（称为分型面）必须是模样的最大截面，以利于起模。分模造型过程与整模造型基本相似，不同的是造上型时增加放上模样和取上半模样两个操作。套筒的分模造型过程如图 5-3 所示。分模造型适用于形状复杂的铸件，如套筒、管子和阀体等。



(a)造下型 (b)造上型 (c)开箱、起模 (d)开浇口、下芯 (e)合型 (f)带浇口的铸件

图 3-15 套筒分模造型过程

3. 活块模造型 模样上可拆卸或能活动的部分叫活块。当模样上有妨碍起模的侧面伸出部分(如小凸台)时，常将该部分做成活块。起模时，先将模样主体取出，再将留在铸型内的活块单独取出，这种方法称为活块模造型。用钉子连接的活块模造型时(如图 3-16)，应注意先将活块四周的型砂塞紧，然后拔出钉子。

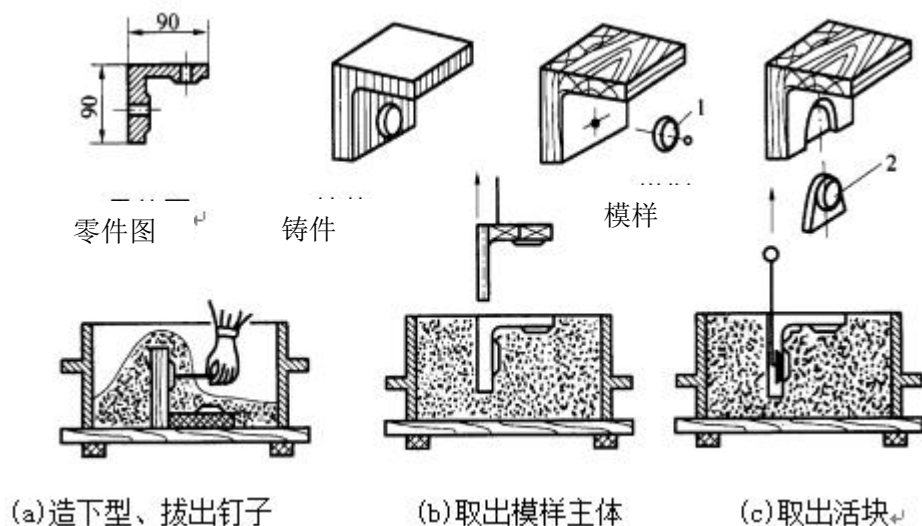


图 3-16 活块造型

1-用钉子连接活块 2-用燕尾连接活块

4. 挖砂造型 当铸件按结构特点需要采用分模造型，但由于条件限制(如模样太薄，制模困难)仍做成整模时，为便于起模，下型分型面需挖成曲面或有高低变化的阶梯形状(称不平分型面)，这种方法叫挖砂造型。手轮的挖砂造型过程如图 3-17 所示。

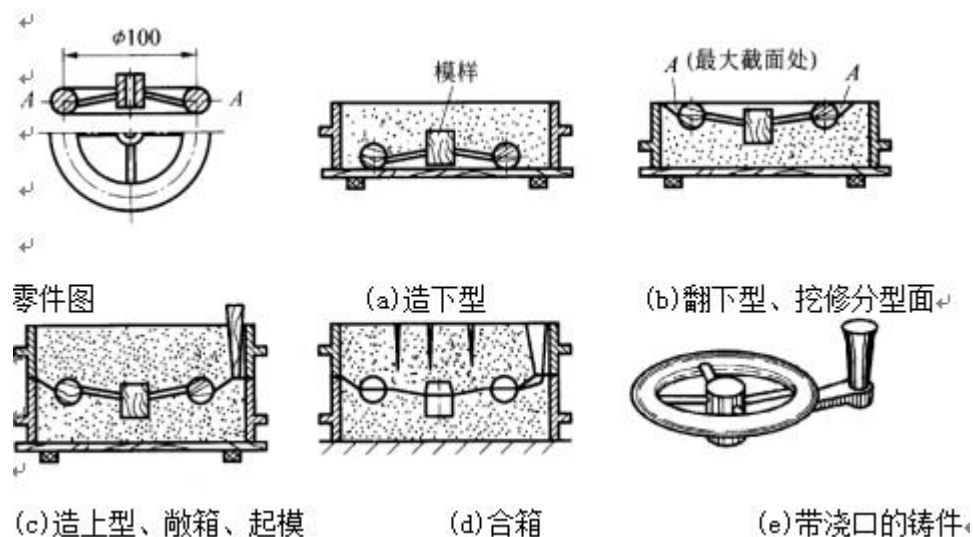


图 3-17 手轮的挖砂造型过程

5. 三箱造型 用三个砂箱制造铸型的过程称为三箱造型。前述各种造型方法都是使用两个砂箱，操作简便、应用广泛。但有些铸件如两端截面尺寸大于中间截面时，需要用三个砂箱，从两个方向分别起模。图 3-18 为带轮的三箱造型过程。

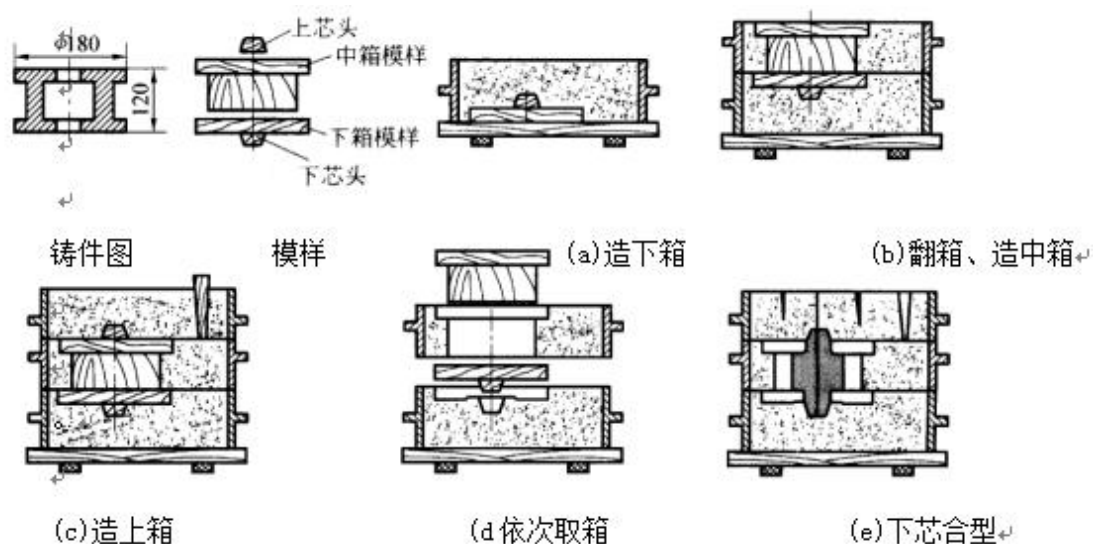


图 3-18 带轮的三箱造型过程

6. 刮板造型 尺寸大于 500mm 的旋转体铸件，如带轮、飞轮、大齿轮等单件生产时，为节省木材、模样加工时间及费用，可以采用刮板造型。刮板是一块和铸件截面形状相适应的木板。造型时将刮板绕着固定的中心轴旋转，在砂型中刮制出所需的型腔，如图 3-19 所示。

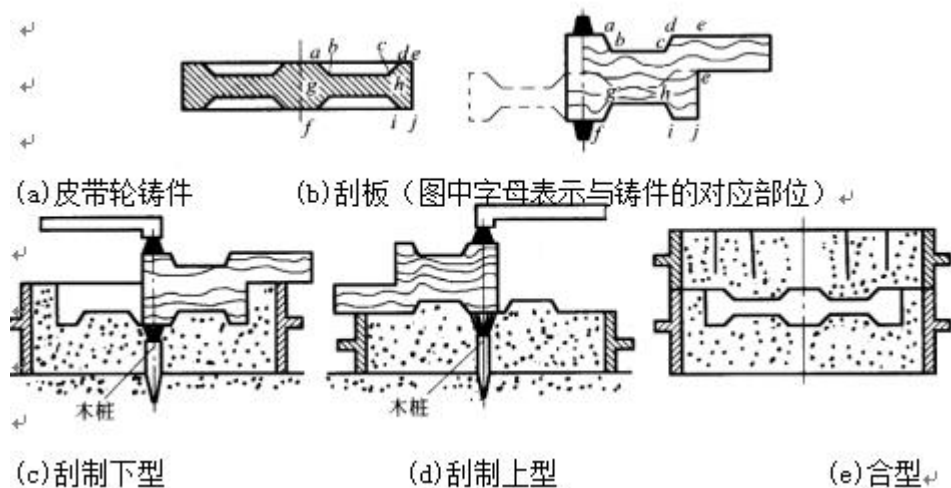


图 3-19 皮带轮铸件的刮板造型过程

7. 假箱造型 假箱造型是利用预制的成形底板或假箱来代替挖砂造型中所挖去的型砂，如图 3-20 所示。

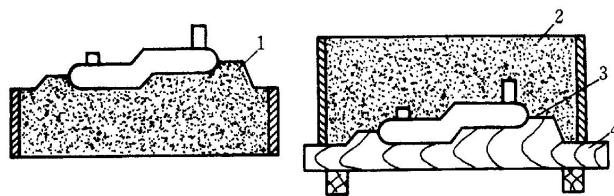


图 3-20 用假箱和成形底板造型

a) 假箱 b) 成形底板

1-假箱 2-下砂型 3-最大分型面 4-成形底板

8. 地坑造型 直接在铸造车间的砂地上或砂坑内造型的方法称为地坑造型。大型铸件单件生产时，为节省砂箱，降低铸型高度，便于浇注操作，多采用地坑造型。图 3-21 为地坑造型结构，造型时需考虑浇注时能顺利将地坑中的气体引出地面，常以焦炭、炉渣等透气物料垫底，并用铁管引出气体。

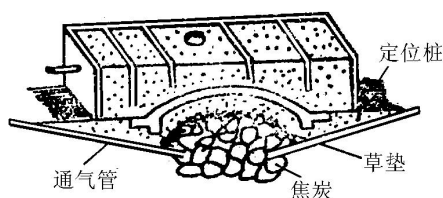


图 3-21 地坑造型结构图

3.5.2 制芯

为获得铸件的内腔或局部外形，用芯砂或其他材料制成的、安放在型腔内部的铸型组元称型芯。绝大部分型芯是用芯砂制成的。砂芯的质量主要依靠配制合格的芯砂及采用正确的造芯工艺来保证。

浇注时砂芯受高温液体金属的冲击和包围，因此除要求砂芯具有铸件内腔相应的形状外，还应具有较好的透气性、耐火性、退让性、强度等性能，故要选用杂质少的石英砂和用植物油、水玻璃等粘结剂来配制芯砂，并在砂芯内放入金属芯骨和扎出通气孔以提高强度和透气性。

形状简单的大、中型型芯，可用粘土砂来制造。但对形状复杂和性能要求很高的型芯来说，必须采用特殊粘结剂来配制，如采用油砂、合脂砂和树脂砂等。

另外，型芯砂还应具有一些特殊的性能，如吸湿性要低（以防止合箱后型芯返潮）；发气要少（金属浇注后，型芯材料受热而产生的气体应尽量少）；出砂性要好（以便于清理时取出型芯）。

型芯一般是用芯盒制成的，其开式芯盒制芯是常用的手工制芯方法，适用于

圆形截面的较复杂型芯。其制芯过程见图 3-22。

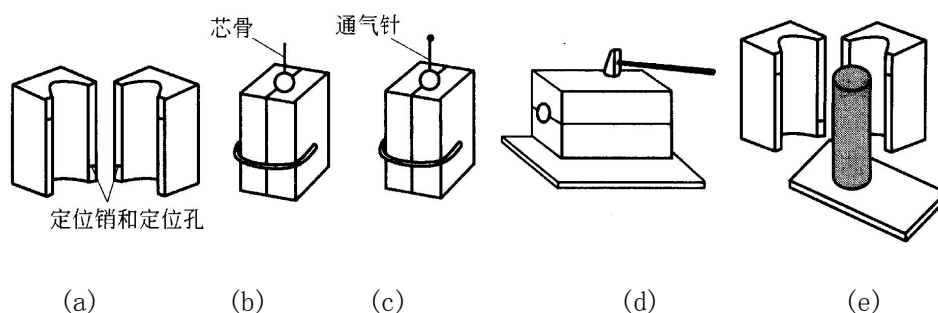


图 3-22 对开式芯盒制芯

- (a)准备芯盒 (b)夹紧芯盒，分次加入芯砂、芯骨，舂砂 (c)刮平、扎通气孔
(d)松开夹子，轻敲芯盒 (e)打开芯盒，取出砂芯，上涂料

3.5.3 合型

将上型、下型、型芯、浇口盆等组合成一个完整铸型的操作过程称为合型，又称合箱。合型是制造铸型的最后一道工序，直接关系到铸件的质量。即使铸型和型芯的质量很好，若合型操作不当，也会引起气孔、砂眼、错箱、偏芯、飞边和跑火等缺陷。合型工作包括：

(1)铸型的检验和装配 下芯前，应先清除型腔、浇注系统和型芯表面的浮砂，并检查其形状、尺寸和排气道是否通畅。下芯应平稳、准确。然后导通砂芯和砂型的排气道；检查型腔主要尺寸；固定型芯；在芯头与砂型芯座的间隙处填满泥条或干砂，防止浇注时金属液钻入芯头而堵死排气道。最后，平稳、准确地合上上型。

(2)铸型的紧固 为避免由于金属液作用于上砂箱引发的抬箱力而造成的缺陷，装配好的铸型需要紧固。单件小批生产时，多使用压铁压箱，压铁重量一般为铸件重量的 3~5 倍。成批、大量生产时，可使用压铁、卡子或螺栓紧固铸型。紧固铸型时应注意用力均匀、对称；先紧固铸型，再拔合型定位销；压铁应压在砂箱箱壁上。铸型紧固后即可浇注，待铸件冷凝后，清除浇冒口便可获得铸件。

3.5.4 造型的基本操作

造型方法很多，但每种造型方法大都包括舂砂、起模、修型、合箱工序。

1. 造型模样

用木材、金属或其它材料制成的铸件原形统称为模样，它是用来形成铸型的型腔。用木材制作的模样称为木模，用金属或塑料制成的模样称为金属模或塑料模。目前大多数工厂使用的是木模。模样的外形与铸件的外形相似，不同的是铸件上如有孔穴，在模样上不仅实心无孔，而且要在相应位置制作出芯头。

2. 造型前的准备工作

(1) 准备造型工具，选择平整的底板和大小适应的砂箱。砂箱选择过大，不仅消耗过多的型砂，而且浪费舂砂工时。砂箱选择过小，则木模周围的型砂舂不紧，在浇注的时候金属液容易从分型面即交界面间流出。通常，木模与砂箱内壁及顶部之间须留有 30~100mm 的距离，此距离称为吃砂量。吃砂量的具体数值视木模大小而定。

(2) 擦净木模，以免造型时型砂粘在木模上，造成起模时损坏型腔。

(3) 安放木模时，应注意木模上的斜度方向，不要把它放错。

3. 舂砂

(1) 舂砂时必须分次加入型砂。对小砂箱每次加砂厚约 50~70mm。加砂过多舂不紧，而加砂过少又费用工时。第一次加砂时须用手将木模周围的型砂按紧，以免木模在砂箱内的位置移动。然后用舂砂锤的尖头分次舂紧，最后改用舂砂锤的平头舂紧型砂的最上层。

(2) 舂砂应按一定的路线进行。切不可东一下、西一下乱舂，以免各部分松紧不一。

(3) 舂砂用力大小应该适当，不要过大或过小。用力过大，砂型太紧，浇注时型腔内的气体跑不出来。用力过小，砂型太松易塌箱。同一砂型各部分的松紧是不同的，靠近砂箱内壁应舂紧，以免塌箱。靠近型腔部分，砂型应稍紧些，以承受液体金属的压力。远离型腔的砂层应适当松些，以利透气。

(4) 舂砂时应避免舂砂锤撞击木模。一般舂砂锤与木模相距 20~40mm，否则易损坏木模。

4. 撒分型砂

在造上砂型之前，应在分型面上撒一层细粒无粘土的干砂（即分型砂），以防止上、下砂箱粘在一起开不了箱。撒分型砂时，手应距砂箱稍高，一边转圈、一边摆动，使分型砂经指缝缓慢而均匀散落下来，薄薄地复盖在分型面上。最后应将木模上的分型砂吹掉，以免在造上砂型使，分型砂粘到上砂型表面，而在浇注时被液体金属冲下来落入铸件中，使其产生缺陷。

5. 扎通气孔

除了保证型砂有良好的透气性外，还要在已舂紧和刮平的型砂上，用通气针扎出通气孔，以便浇注时气体易于逸出。通气孔要垂直而且均匀分布。

6. 开外浇口

外浇口应挖成 60° 的锥形，大端直径约 60~80mm。浇口面应修光，与直浇道连接处应修成圆弧过渡，以引导液体金属平稳流入砂型。若外浇口挖得太浅而

成碟形，则浇注液体金属时会四处飞溅伤人。

7. 做合箱线

若上、下砂箱没有定位销，则应在上、下砂型打开之前，在砂箱壁上作出合箱线。最简单的方法是在箱壁上涂上粉笔灰，然后用划针画出细线。需进炉烘烤的砂箱，则用砂泥粘敷在砂箱壁上，用戽刀抹平后，再刻出线条，称为打泥号。合箱线应位于砂箱壁上两直角边最远处，以保证 x 和 y 方向均能定位，并可限制砂型转动。两处合箱线的线数应不相等，以免合箱时弄错。做线完毕，即可開箱起模。

8. 起模

(1) 起模前要用水笔沾些水，刷在木模周围的型砂上，以防止起模时损坏砂型型腔。刷水时应一刷而过，不要使水笔停留在某一处，以免局部水分过多而在浇注时产生大量水蒸汽，使铸件产生气孔缺陷。

(2) 起模针位置要尽量与木模的重心铅垂线重合。起模前，要用小锤轻轻敲打起模针的下部，使木模松动，便于起模。

(3) 起模时，慢慢将木模垂直提起，待木模即将全部起出时，然后快速取出。起模时注意不要偏斜和摆动。

9. 修型

起模后，型腔如有损坏，应根据型腔形状和损坏程度，正确使用各种修型工具进行修补。如果型腔损坏较大，可将木模重新放入型腔进行修补，然后再起出。

10. 合箱

合箱是造型的最后一道工序，它对砂型的质量起着重要的作用。合箱前，应仔细检查砂型有无损坏和散砂，浇口是否修光等。如果要下型芯，应先检查型芯是否烘干，有无破损及通气孔是否堵塞等。型芯在砂型中的位置应该准确稳固，以免影响铸件准确度，并避免浇注时被液体金属冲偏。合箱时应注意使上砂箱保持水平下降，并应对准合箱线，防止错箱。合箱后最好用纸或木片盖住浇口，以免砂子或杂物落入浇口中。

3.5.5 合金的浇注

把液体合金浇入铸型的过程称为浇注。浇注是铸造生产中的一个重要环节。浇注工艺是否合理，不仅影响铸件质量，还涉及工人的安全。

1. 浇注工具

浇注常用工具有浇包(图 3-23)、挡渣钩等。浇注前应根据铸件大小、批量选择合适的浇包，并对浇包和挡渣钩等工具进行烘干，以免降低金属液温度及引起液体金属的飞溅。

2. 浇注工艺

(1) 浇注温度 浇注温度过高, 铁液在铸型中收缩量增大, 易产生缩孔、裂纹及粘砂等缺陷; 温度过低则铁液流动性差, 又容易出现浇不足、冷隔和气孔等缺陷。合适的浇注温度应根据合金种类和铸件的大小、形状及壁厚来确定。对形状复杂的薄壁灰铸铁件, 浇注温度为 1400°C 左右; 对形状较简单的厚壁灰铸铁件, 浇注温度为 1300°C 左右即可; 而铝合金的浇注温度一般在 700°C 左右。

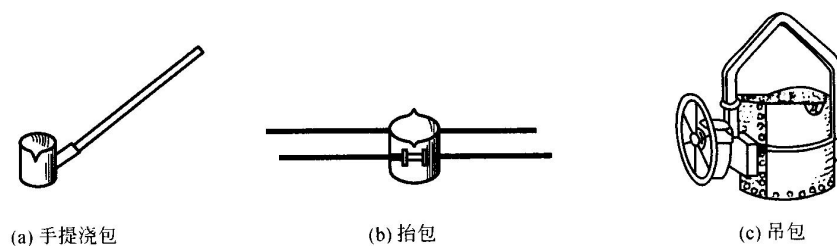


图 3-23 浇包

(2) 浇注速度

浇注速度太慢, 铁液冷却快, 易产生浇不足、冷隔以及夹渣等缺陷; 浇注速度太快, 则会使铸型中的气体来不及排出而产生气孔, 同时易造成冲砂、抬箱和跑火等缺陷。铝合金液浇注时勿断流, 以防铝液氧化。

(3) 浇注的操作

浇注前应估算好每个铸型需要的金属液量, 安排好浇注路线, 浇注时应注意挡渣。浇注过程中应保持外浇口始终充满, 这样可防止熔渣和气体进入铸型。

浇注结束后, 应将浇包中剩余的金属液倾倒入指定地点。

(4) 浇注时应注意事项

- ① 浇注是高温操作, 必须注意安全, 必须穿着白帆布工作服和工作皮鞋;
- ② 浇注前, 必须清理浇注时行起的通道, 预防意外跌撞;
- ③ 必须烘干烘透浇包, 检查砂型是否紧固;
- ④ 浇包中金属液不能盛装太满, 吊包液面应低于包口 100mm 左右, 抬包和端包液面应低于包口 60mm 左右。

3.5.6 机器造型

手工造型生产率低, 铸件表面质量差, 要求工人技术水平高, 劳动强度大, 因此在批量生产中, 一般均采用机器造型。

机器造型是把造型过程中的主要操作——紧砂与起模实现机械化。根据紧砂和起模方式不同, 有气动微震压实造型、射压造型、高压造型、抛砂造型。

气动微震压实造型机是采用振击(频率 $150\sim 500$ 次/分, 振幅 $25\sim 80\text{mm}$)—

—压实——微振(频率 700~1000 次 / 分, 振幅 5~10mm)紧实型砂的。这种造型机噪音较小, 型砂紧实度均匀, 生产率高。气动微震压实造型机紧砂原理见图 3-24。

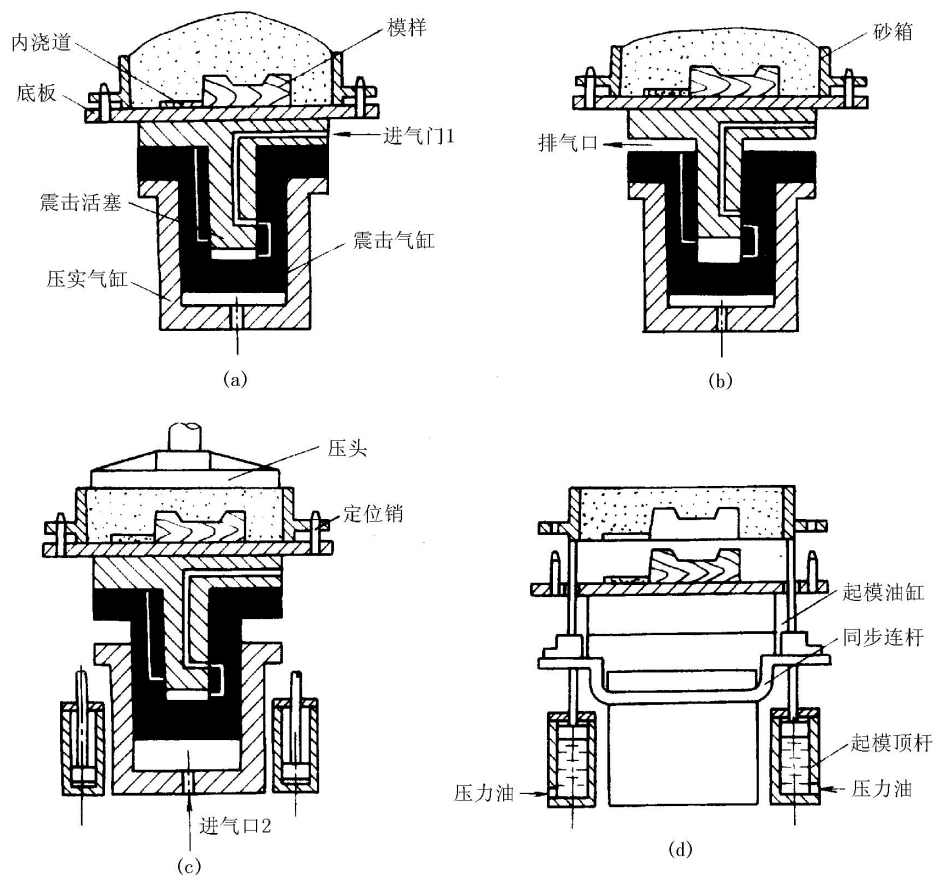


图 3-24 震实造型机的工作原理

a) 填砂 b) 震击紧砂 c) 辅助压实 d) 起模

3.6 铸造工艺设计

铸造工艺设计包括选择及确定铸型分型面、砂型结构及铸造工艺参数等内容。

3.6.1 分型面

分型面是指上、下砂型的接合面, 其表示方法如图 6-1 所示。短线表示分型面的位置, 箭头和“上”、“下”两字表示上型和下型的位置。分型面的确定原则如下:

(1) 分型面应选择在模样的最大截面处, 以便于取模, 挖砂造型时尤其要注意(图 3-25a)。

(2) 应尽量减少分型面数目, 成批量生产时应避免采用三箱造型。

(3) 应使铸件中重要的机加工面朝下或垂直于分型面，便于保证铸件的质量。因为，浇注时液体金属中的渣子、气泡总是浮在上面，铸件的上表面缺陷较多，铸件的下表面和侧面质量较好(图 3-25b)。

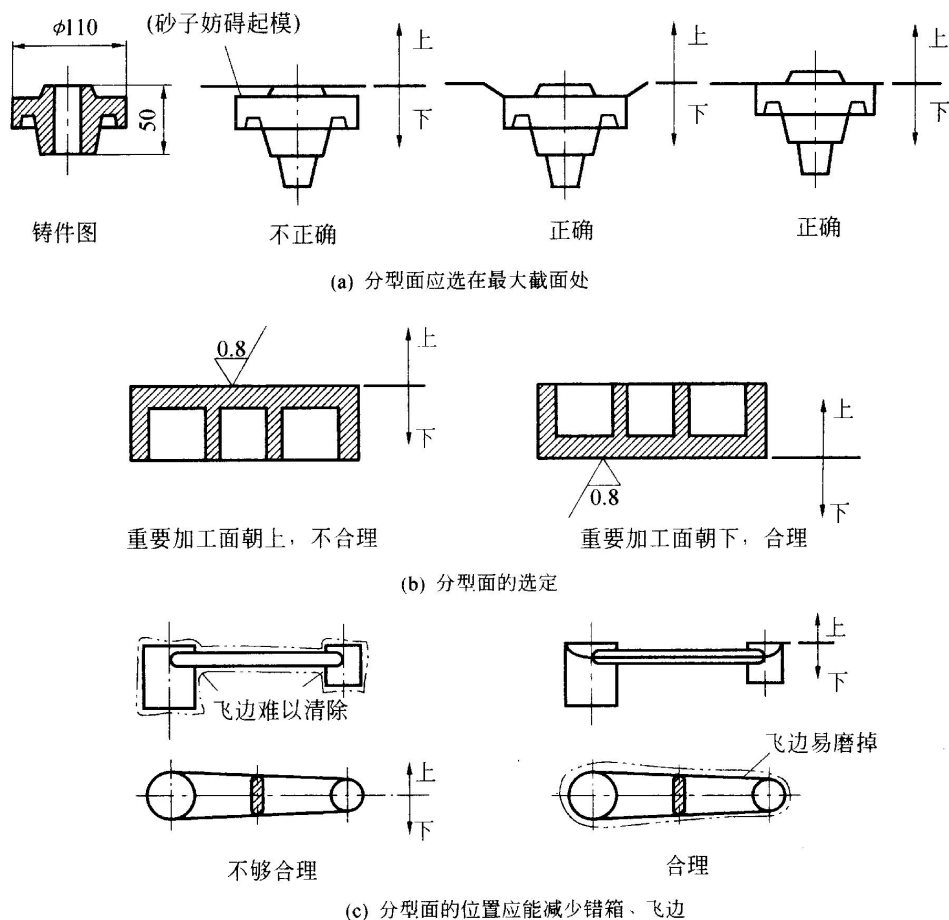


图 3-25 分型面的确定原则示意图

(4) 应使铸件全部或大部分在同一砂型内，以减少错箱、飞边和毛刺，提高铸件的精度(图 3-25c)。

3.6.2 型芯

型芯一般由芯体和芯头两部分组成。芯体的形状应与所形成的铸件相应部分的形状一致。芯头是型芯的外伸部分，落入铸型的芯座内，起定位和支承型芯的作用。芯头的形状取决于型芯的型式，芯头必须有足够的高度(h)或长度(l)及合适的斜度(图 3-26)，才能使型芯方便、准确和牢固地固定在铸型中，以免型芯在浇注时飘浮、偏斜和移动。

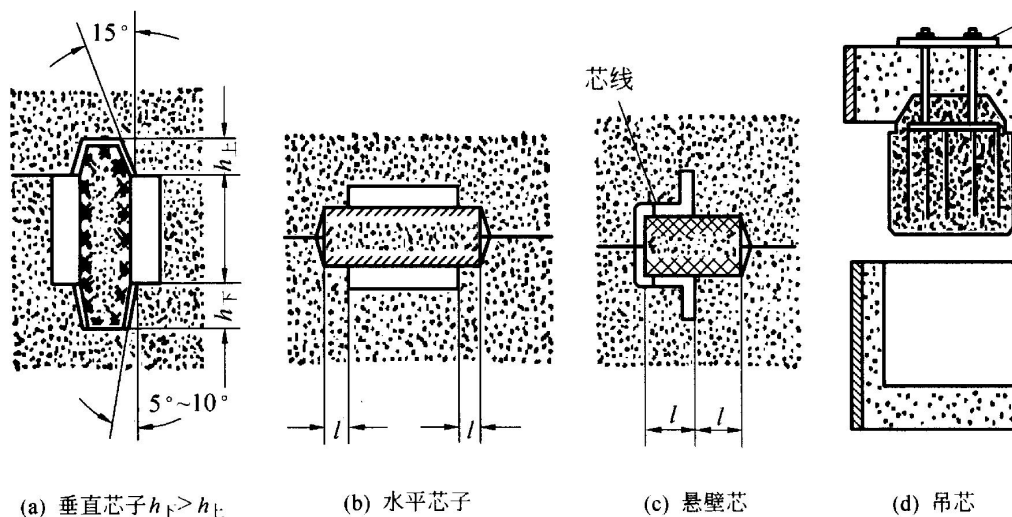


图 3-26 型芯的形式

3.6.3 铸造工艺参数

影响铸件、模样的形状，与尺寸的某些工艺数据称为铸造工艺参数，主要有下列几项：

1. 加工余量 指铸件上预先增加在机械加工时切去的金属层厚度。加工余量值与铸件大小、合金种类及造型方法等有关。单件小批量生产的小铸铁件的加工余量为 4.5~5.5mm；小型有色金属铸件加工余量为 3mm；灰铸铁件的加工余量值可参阅 JB2854—80。

2. 最小铸出的孔和槽 对过小的孔、槽，由于铸造困难，一般不予铸出。不铸出孔、槽的最大尺寸与合金种类、生产条件有关。单件小批生产的小铸铁件上直径小于 30mm 的孔一般不铸出。

3. 拔模斜度 指平行于起模方向的模样壁的斜度。其值与模样高度有关，模样矮时 ($\leq 100\text{mm}$) 为 3° 左右，模样高时 (101~160mm) 为 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ 。

4. 铸件收缩率 铸件冷凝后体积要收缩，各部分尺寸均小于模样尺寸，为保证铸件尺寸要求，在模样 (芯盒) 上加一个收缩尺寸。它等于收缩率乘以铸件名义尺寸。收缩率的经验值见表 6-1。

3.6.4 模样的结构特点

模样是直接用于形成铸型 (或型；芯) 的实体模型，一般用木料制作。模样的形状与尺寸由零件图尺寸及有关的铸造工艺参数来确定 (图 3-27c)。模样的结构类型 (整模、分模和活块等) 由分型面的位置决定。模样的形状、尺寸与铸件结构相一致，不同的是：模样的每个尺寸都比铸件相应尺寸大一个金属的收缩量 (铸件尺寸 \times 铸件收缩率)；采用型芯铸孔时，为在砂型内形成芯座以支承型芯芯头，

模样上对应于孔的部位，则出现与型芯相适应的凸出部分，也叫芯头(见图3-27c)。

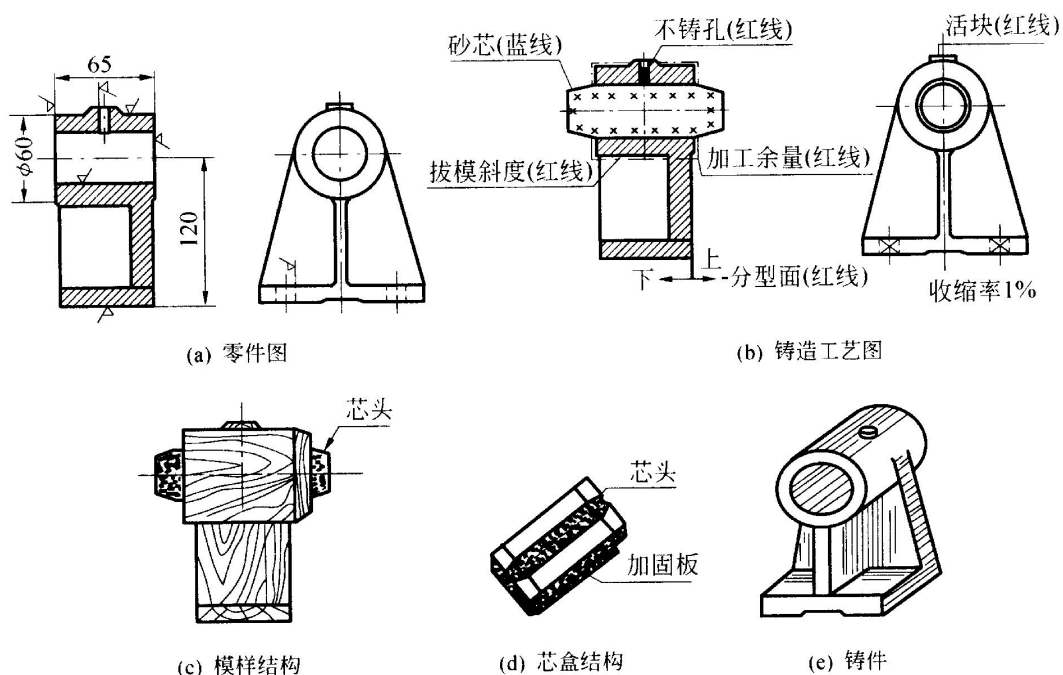


图 3-27 滑动轴承零件图与铸造工艺图

表 3-1 砂型铸造时部分合金收缩率的经验值

合金种类		铸造收缩率	
		自由收缩	受阻收缩
灰 铸 铁	中小型铸件	1.0	0.9
	中大型铸件	0.9	0.8
	特大型铸件	0.8	0.7
球墨铸铁		1.0	0.8
碳钢和低合金钢		1.6~2.0	1.3~1.7
锡青铜		1.4	1.2
无锡青铜		2.0~2.2	1.6~1.8
硅黄铜		1.7~1.8	1.6~1.7
铝硅合金		1.0~1.2	0.8~1.0

3.7 铸件常见缺陷的分析

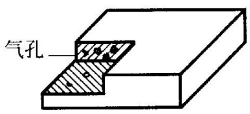
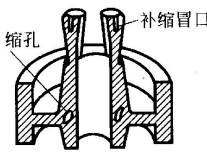
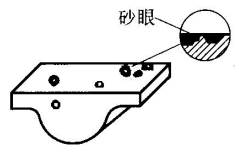
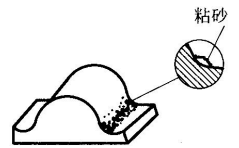
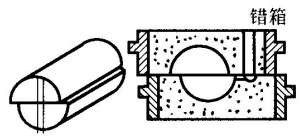
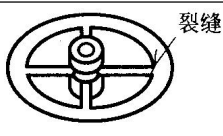
在实际生产中，常需对铸件缺陷进行分析，其目的是找出产生缺陷的原因，

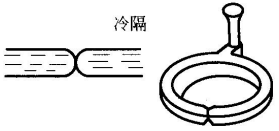

以便采取措施加以防止。对于铸件设计人员来说,了解铸件缺陷及产生原因,有助于正确地设计铸件结构,并结合铸造生产时的实际条件,恰如其分地拟定技术要求。

铸件的缺陷很多,常见的铸件缺陷名称、特征及产生的主要原因见表 3-2。分析铸件缺陷及其产生原因是很复杂的,有时可见到在同一个铸件上出现多种不同原因引起的缺陷,或同一原因在生产条件不同时会引起多种缺陷。

具有缺陷的铸件是否定为废品,必须按铸件的用途和要求以及缺陷产生的部位和严重程度来决定。一般情况下,铸件有轻微缺陷,可以直接使用;铸件有中等缺陷,可允许修补后使用;铸件有严重缺陷,则只能报废。

表 3-2 常见的铸件缺陷及产生原因

缺陷名称	特 征	产生的主要原因
	在铸件内部或表面有大小不等的光滑孔洞	型砂含水过多,透气性差;起模和修型时刷水过多;砂芯烘干不良或砂芯通气孔堵塞;浇注温度过低或浇注速度太快等。
	缩 孔 多分布在铸件厚断面处,形状不规则,孔内粗糙。	铸件结构不合理,如壁厚相差过大,造成局部金属积聚;浇注系统和冒口的位置不对,或冒口过小;浇注温度太高,或金属化学成分不合格,收缩过大。
	在铸件内部或表面有充塞砂粒的孔眼。	型砂和芯砂的强度不够;砂型和砂芯的紧实度不够;合箱时铸型局部损坏浇注系统不合理,冲坏了铸型。
	铸件表面粗糙,粘有砂粒。	型砂和芯砂的耐火性不够;浇注温度太高;未刷涂料或涂料太薄。
	铸件在分型面有错移	模样的上半模和下半模未对好;合箱时,上、下砂箱未对准。
	铸件开裂,开裂处金属表面氧化。	铸件的结构不合理,壁厚相差太大;砂型和砂芯的退让性差;落砂过早。

	铸件上有未完全融合的缝隙或洼坑，其交接处是圆滑的。	浇注温度太低；浇注速度太慢或浇注过程曾有中断；浇注系统位置开设不当或浇道太小。
	铸件不完整	浇注时金属量不够；浇注时液体金属从分型面流出；铸件太薄；浇注温度太低；浇注速度太慢。

3.8 特种铸造

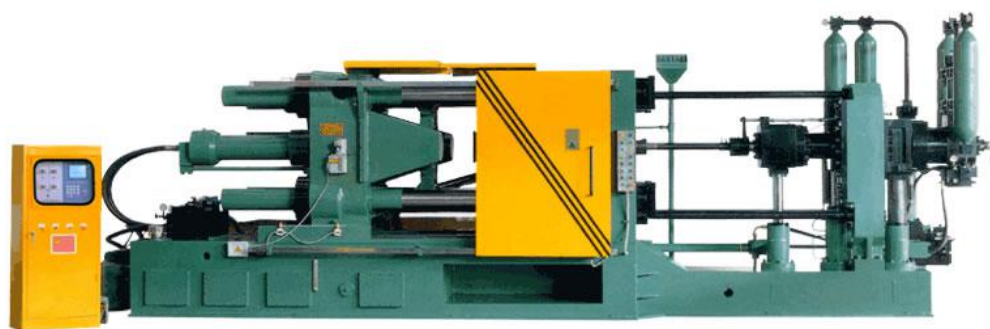
随着科学技术的发展和生产水平的提高，对铸件质量、劳动生产效率、劳动条件和生产成本有了进一步的要求，因而铸造方法有了长足的发展。所谓特种铸造，是指有别于砂型铸造方法的其他铸造工艺。目前特种铸造方法已发展到几十种，常用的有熔模铸造、金属型铸造、离心铸造、压力铸造、低压铸造、陶瓷型铸造，另外还有实型铸造、磁型铸造、石墨型铸造、反压铸造、连续铸造和挤压铸造等。

特种铸造能获得如此迅速的发展，主要是由于这些方法一般都能提高铸件的尺寸精度和表面质量，或提高铸件的物理及力学性能；此外，大多能提高金属的利用率（工艺出品率），减少原砂消耗量；有些方法更适宜于高熔点、低流动性、易氧化合金铸件的铸造；有的能明显改善劳动条件，并便于实现机械化和自动化生产而提高生产率。

3.8.1 压力铸造

压力铸造是在高压作用下将金属液以较高的速度压入高精度的型腔内，力求在压力下快速凝固，以获得优质铸件的高效率铸造方法。它的基本特点是高压（5~150MPa）和高速（5~100m/s）。

压力铸造的基本设备是压铸机。压铸机可分为热室压铸机和冷室压铸机两大类，冷室压铸机又可分为立式和卧式等类型，但它们的工作原理基本相似。图3-28为卧式冷室压铸机，用高压油驱动，合型力大，充型速度快，生产率高，应用较广泛。



3-28 卧式冷室压铸机

压铸型是压力铸造生产铸件的模具，主要由活动半型和固定半型两个大部分组成。固定半型固定在压铸机的定型座板上，由浇道将压铸机压室与型腔连通。活动半型随压铸机的动型座板移动，完成开合型动作。完整的压铸型组成中包括型体部分、导向装置、抽芯机构、顶出铸件机构、浇注系统、排气和冷却系统等部分。压铸工艺过程见图 3-29。

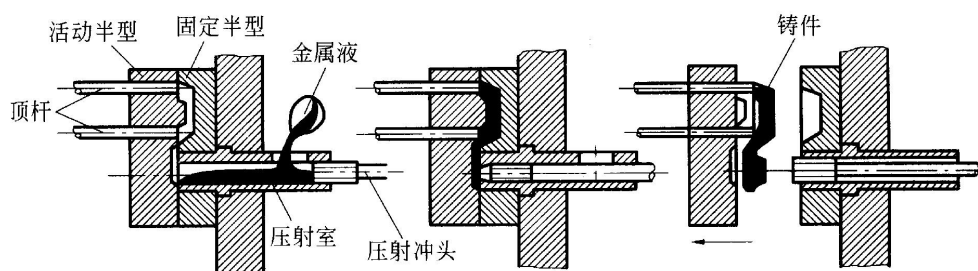


图 3-29 压铸工艺过程示意图

压铸工艺的优点是压铸件具有“三高”：

铸件精度高（IT11~IT13, $Ra\ 3.2\sim0.8\mu m$ ）、强度与硬度高（ σ_b 比砂型铸件高 20%~40%）、生产率高（50~150 件/h）。

缺点是存在无法克服的皮下气孔，且塑性差；设备投资大，应用范围较窄（适于低熔点的合金和较小的、薄壁且均匀的铸件。适宜的壁厚：锌合金 1~4mm，铝合金 1.5~5mm，铜合金 2~5mm）。

3.8.2 实型铸造

实型铸造是使用泡沫聚苯乙烯塑料制造模样（包括浇注系统），在浇注时，迅速将模样燃烧气化直到消失掉，金属液充填了原来模样的位置，冷却凝固后而成铸件的铸造方法。其工艺过程如图 3-30 所示。

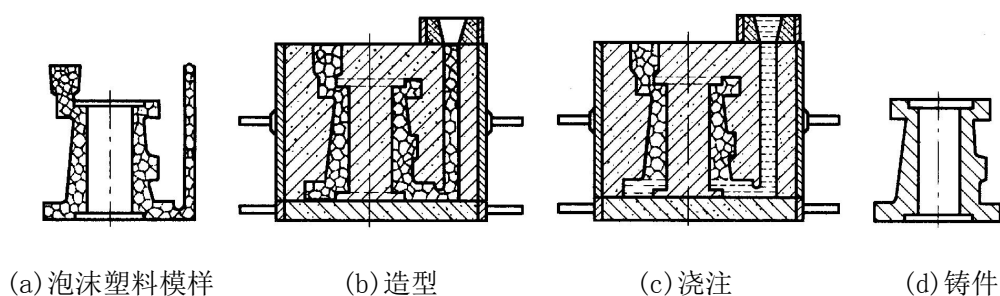


图 3-30 实型铸造工艺过程

3.8.3 离心铸造

图 3-31 为 SII 816 半自动离心铸造机。离心铸造指将液态合金液浇入高速旋转 ($250 \sim 1500 \text{ r/min}$) 的铸型中, 使其在离心力作用下填充铸型和结晶的铸造方法。两种方式的离心铸造见图 3-32。用离心浇注生产中空圆筒形铸件质量较好, 且不需要型芯, 没有浇冒口, 所以可简化工艺, 出品率高, 且具有较高的劳动生产效率。



图 3-31 SII 816 半自动离心铸造机

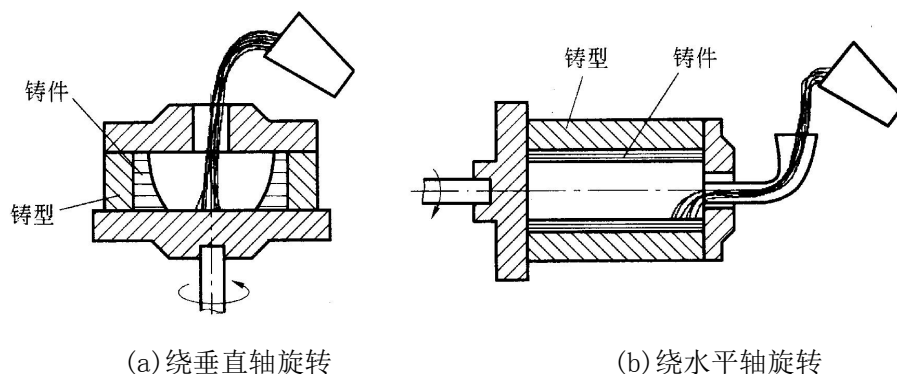


图 3-32 离心铸造示意图

3.8.4 低压铸造

低压铸造是使液体金属在压力作用下充填型腔, 以形成铸件的一种方法。由于所用的压力较低, 所以叫做低压铸造。低压铸造介于重力铸造和压力铸造之间的一种铸造方法。浇注时压力和速度可人为控制, 故可适用于各种不同的铸型; 充型压力及时间易于控制, 所以充型平稳; 铸件在压力下结晶, 自上而下定向凝

固，所以铸件致密，力学性能好，金属利用率高，铸件合格率高。图 3-33 为 J45 低压铸造机。



图 3-33 J45 低压铸造机

其工艺过程（见图 3-34）是：在密封的坩埚（或密封罐）中，通入干燥的压缩空气，金属液 2 在气体压力的作用下，沿升液管 4 上升，通过浇口 5 平稳地进入型腔 8，并保持坩埚内液面上的气体压力，一直到铸件完全凝固为止。然后解除液面上的气体压力，使开液管中未凝固的金属液流坩埚，再由气缸 12 开型并推出铸件。

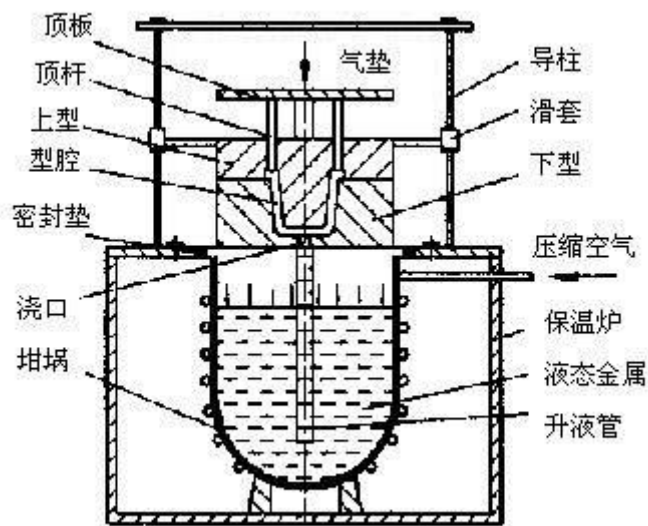


图 3-34 低压铸造的工艺示意图

低压铸造独特的优点表现在以下几个方面：

1. 液体金属充型比较平稳；

2. 铸件成形性好, 有利于形成轮廓清晰、表面光洁的铸件, 对于大型薄壁铸件的成形更为有利;

3. 铸件组织致密, 机械性能高;

4. 提高了金属液的工艺收缩率, 一般情况下不需要冒口, 使金属液的收缩率大大提高, 收缩率一般可达 90%。

此外, 劳动条件好; 设备简单, 易实现机械化和自动化, 也是低压铸造的突出优点。

3.8.5 熔模铸造

用易熔材料(蜡或塑料等)制成精确的可溶性模型, 并涂以若干层耐火涂料, 经干燥、硬化成整体型壳, 加热型壳熔失模型, 经高温焙烧而成耐火型壳, 在型壳中浇注铸件。铸件尺寸精度高, 表面粗糙度低; 适用于各种铸造合金、各种生产批量; 生产工序繁多, 生产周期长, 铸件不能太大。熔模铸造的工艺流程如图 3-35。

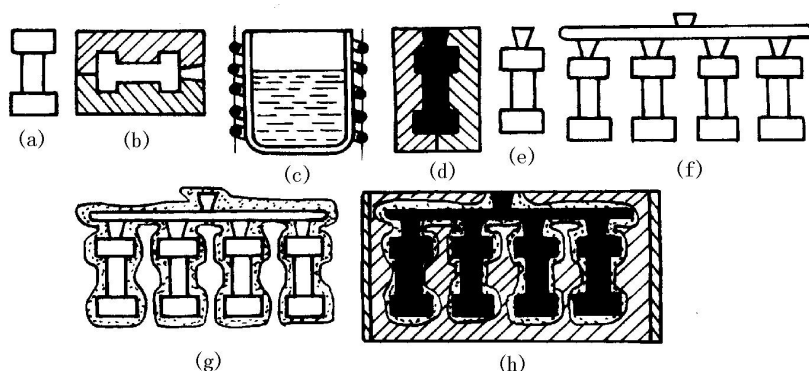


图 3-35 熔模铸造工艺过程示意图

a) 母模 b) 压型 c) 络蜡 d) 铸造蜡模

e) 单个蜡模 f) 组合蜡模 g) 结壳熔出蜡模 h) 填砂、浇注

3.8.6 垂直分型无箱射压造型

在造型、下芯、合型及浇注过程中, 铸型的分型面呈垂直状态(垂直于地面)的无箱射压造型法称为垂直分型无箱射压造型, 其工艺特点见图 3-36。它主要适用于中小铸件的大批量生产。垂直分型无箱射压造型工艺的优点是:

1. 采用射砂填砂又经高压压实, 砂型硬度高且均匀, 铸件尺寸精确, 表面粗糙度低。

2. 无需砂箱, 从而节约了有关砂箱的一切费用。

3. 一块砂型两面成形, 既节约型砂, 生产效率又高。

4. 可使造型、浇注、冷却、落砂等设备组成简单的直线流水线，占地省。
其主要缺点是：

1. 下芯不如水平分型时方便，下芯时间不允许超过 7~8 秒，否则将严重降低造型机的生产效率。
2. 模板、芯盒及下芯框等工装费用高。

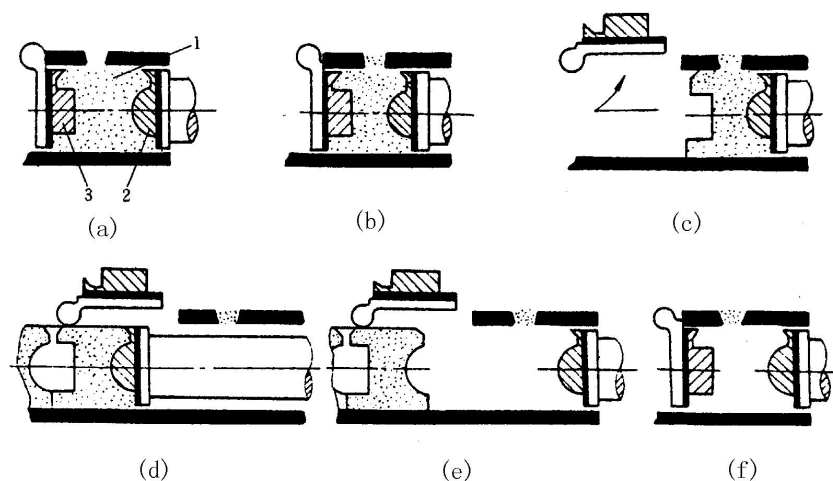


图 3-36 DISA 垂直分型无箱射压造型机工艺过程

1-射砂板 2-压实模板 3-反压模板

- a) 正反压模板组成造型室，射砂； b) 正压模板压实型砂；
c) 反压模板退出，完成起模 I； d) 正压模板将砂型推出，合型；
e) 正压模板退回，完成起模 II； f) 反压模板复位，关闭造型室。

3.8.7 金属型铸造

用铸铁、碳钢或低合金钢等金属材料制成铸型，铸型可反复使用。金属型铸造是将液态金属在重力作用下浇入金属铸型内，获得铸件的方法。图 3-37 所示。金属型散热快、铸件组织致密，力学性能好，精度和表面质量较好，液态金属耗用量少，劳动条件好。适用于大批生产有色合金铸件。其主要缺点是：制造成本高、制造周期长、导热性好，降低了金属液的流动性。因而不宜浇注过薄、过于复杂的铸件。无退让性，冷却收缩时产生内应力将会造成铸件的开裂。型腔在高温下易损坏，因而不宜铸造高熔点合金。

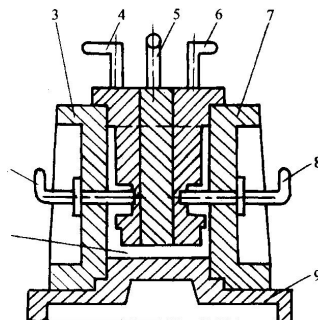


图 3-37 铸造铝活塞的金属型

1-型腔 2-销孔型芯 3-左半型 4-左侧型芯 5-中间型芯 6-右侧型芯
7-右半型 8-销孔型芯 9-底板

3.8.8 多触头高压造型

高压造型的压实比压大于 0.7MPa ，砂型紧实度高，铸件尺寸精度较高，铸件表面粗糙度低，铸件致密性好，与脱箱或无箱射压造型相比，高压造型辅机多，砂箱数量大，造价高，需造型流水线配套。比较适用于像汽车制造这类生产批量大、质量要求高的现代化生产，我国各大汽车制造厂已有这类生产线的引进。

多触头由许多可单独动作的触头组成，可分为主动伸缩的主动式触头和浮动式触头。使用较多的是弹簧复位浮动式多触头，如图 3-38 所示。当压实活塞 1 向上推动时，触头 4 将型砂从余砂框 3 压入砂箱 2，而自身在多触头箱体 5 的相互连通的油腔内浮动，以适应不同形状的模样，使整个型砂得到均匀的紧实度。

多触头高压造型通常也配备气动微振装置，以便增加工作适应能力。

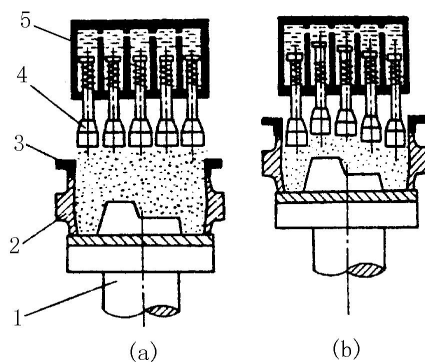


图 3-38 多触头高压造型工作原理

(a) 原始位置 (b) 压实位置

1-压实活塞 2-砂箱 3-余砂框 4-高压触头 5-多触头箱体

3.8.9 真空密封造型

真空密封造型主要用于生产汽油机缸体、缸盖及铁路机车配件等。真空密封

造型是一种全新的物理造型方法，其基本原理是在特制的砂箱内，填入无水无粘结剂的干石英砂，用塑料薄膜将砂箱密封后抽成真空，借助铸型内外的压力差(约40kPa)使型砂紧实和成形。真空密封造型又称真空薄膜造型、减压造型、负压造型或V法，适用于生产薄壁、面积大、形状不太复杂的扁平铸件。该法的优点是：

1. 铸件尺寸精确，能浇出2~3mm的薄壁部分。
2. 铸件缺陷少，废品率可控制到1.5%以下。
3. 砂型成本低、损耗少，回用率在95%以上。
4. 噪声小、粉尘少，工作环境比较好，劳动强度低。

缺点是：对形状复杂、比较高的铸件覆膜成形困难，工艺装备较复杂，造型生产率比较低。真空密封造型过程(见图3-39)如下：

1. 通过抽气箱抽气，将预先加热好的塑料薄膜吸贴到模样表面上。
2. 放置砂箱，充填型砂，微振紧实。
3. 刮平，覆背膜，抽真空，使砂型保持一定的真空度。
4. 在负压状态下起模、下芯、合型浇注。铸件凝固后恢复常压，型砂自行溃散，取出铸件。

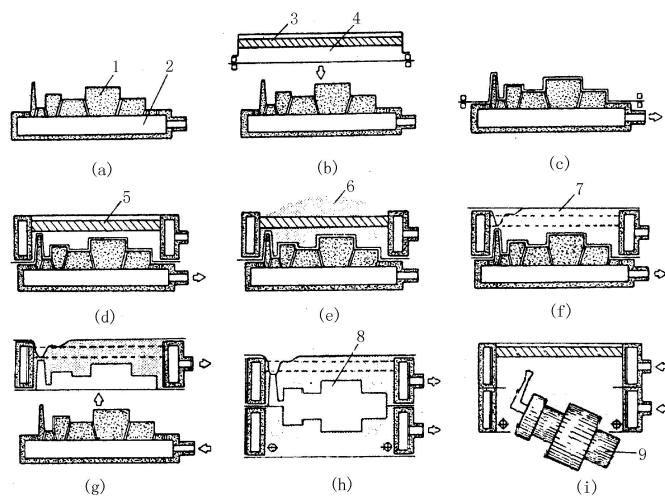


图 3-39 真空密封造型过程示意图

(a)模板 (b)加热薄膜 (c)覆膜、抽真空 (d)放砂箱
(e)填砂 (f)紧实 (g)起模 (h)合型浇注 (i)落砂

1-模板 2-抽气箱 3-发热元件

4-塑料薄膜 5-砂箱 6-型砂 7-背膜 8-型腔 9-铸件

3.9 铸造工艺图的绘制

3.9.1 铸造工艺图

铸造工艺图是铸造生产所特有的一种图纸。它是根据零件的结构特点、技术

要求、生产批量及生产条件等，将各种工艺符号直接描绘在零件图上，表示出浇注位置、分型面、分模面、机械加工余量、拔模斜度、铸造圆角、型芯、芯头及芯座、收缩率、浇冒口系统、内外冷铁等铸造工艺参数。它是铸造过程最基本和最重要的工艺文件之一，它是制造模样、工艺设备的准备、造型造芯、合箱浇注、落砂清理及对铸件进行技术检验等的工艺指导文件。同时也是绘制模样图、铸型装配图、铸件图和编制铸造工艺卡片的依据。

根据生产批量的不同，铸造工艺图的内容有所增减，但至少应包括如下内容，并可利用红兰两色加以标注。

3.9.2 浇注位置

浇注时，铸件在铸型中所处的位置称为浇注位置，即在浇注时，铸件在铸型中是处于垂直、水平或倾斜的位置。浇注位置选择正确与否，对铸件、造型方法都有重要的影响。浇注位置的选择主要考虑以下三个原则：

- (1) 铸件上重要的加工面、受力面和基准面，在浇注时应尽量朝下；
- (2) 铸件的薄壁部位应朝下。由于薄壁部位冷却较快，为保证金属液能充满型腔的薄壁部位，将它置于下方；
- (3) 铸件易产生缩孔的厚实部分，以便于设置冒口应朝上。

3.9.3 分型面

分型面可以是平面、斜面或曲面，为方便造型，分型面最好采用平面。分型面设在铸件的最大水平截面处，这样很方便起模。为简化工艺，保证铸件质量，分型面应尽量少，最好是一个。分型面的符号和线条用红色上下箭头表示，并标明“上、下”或“上、中、下”等。

为起模方便或其它原因，在一个模样上分开的切面称为分模面，分模面可以是平面、斜面和曲面，有时也会与分型面重叠。分模面的符号用“ \angle ”表示，在实际生产中的工艺图上分模面也用红色线条标明。

3.9.4 机械加工余量和铸孔

铸件的机械加工余量是指铸件在加工过程中被切除的厚度。凡零件图上标有要加工的表面粗糙度符号之处，在铸造工艺图上均需放加工余量。铸件尺寸愈大，相应的加工余量也愈大；浇注时处于顶面的加工余量要比侧面的大，底面相比最小。加工余量一般在 3~10mm 范围选取。

铸件上不加工的孔、槽及异形孔如方孔等，原则上尽量铸出。不铸出的孔、槽在工艺图上打叉或填黑。

3.9.5 拔模斜度

为了保证模样能顺利取出，凡垂直于分型面的模样壁上均应做出斜度称为拔

模斜度，一般为 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 。当在垂直于分型面的铸件不加工的表面上已设计有的斜度称为结构斜度，则不需再考虑拔模斜度。

3.9.6 铸造圆角

凡铸件上两壁相交处均应做出圆角称为铸造圆角，以增强该处砂型的强度，并有利于防止铸件产生裂纹。

3.9.7 型芯、芯头及芯座

铸孔一般用型芯成形。只有当铸孔的直径与高度之比大于或等于 1，且孔与分型面垂直时，这种浅孔就不必用型芯成形，可直接在模样上挖成内壁斜度 ($3^{\circ} \sim 10^{\circ}$) 较大的孔，造型时形成自带型芯（或称砂垛、砂台）。悬吊在上砂型的自带型芯常称为吊砂。

为了保证型芯安装稳定，芯头设计在芯盒上。为了让型芯正确安置在砂型中，需要型芯座，而芯座设计在模样上。芯头与芯座均应设计出较大的斜度 ($5^{\circ} \sim 10^{\circ}$)，以利造芯、造型与合箱，两者之间还应留出间隙，即留侧间隙与顶间隙，中小砂型中的间隙值约为 $0 \sim 1.5\text{mm}$ ，若垂直芯头的下芯头与下芯座应接触，其间隙为零。

砂型中若有多个型芯时，应按下芯的顺序将型芯编号，如用“1#、2#”等标注。各芯头的边界用兰色线条表示。

3.9.8 铸造收缩率

铸件凝固后连续冷却到室温的过程中，会产生尺寸缩小，待冷至室温时，铸件的尺寸将小于模样的尺寸。为了得到合格尺寸的铸件，在制造模样时，应使模样尺寸大于铸件尺寸。这一放大值即为铸件的收缩量，一般用百分率表示，故称为铸造收缩率。一般灰口铸铁的收缩率为 $0.7\% \sim 1.0\%$ ，铸钢为 $1.5\% \sim 2.0\%$ ，有色合金为 $1.0\% \sim 1.5\%$ 。收缩率一般标注在铸造工艺图的右上角。

注：根据铸工车间内已有的一张铸件装配图中的轴承零件，按以上各工艺参数的要求，在黑板上画出零件图并定性地绘出铸造工艺图。

3.9.9 铸造工艺图的绘制

铸造工艺图是表示分型面、型芯结构尺寸、浇冒口系统和各项工艺参数的图形。

单件小批量生产时，铸造工艺图是用红、蓝色线条按 JB2435—78 规定的符号和文字画在零件图上。单件小批量生产情况下，铸造工艺图可作为制造模样、铸型和检验铸件的依据，图 5-4a、b 所示为滑动轴承的零件图和铸造工艺图。图中分型面、活块、加工余量、拔模斜度和浇冒口系统等用红线画出、不铸出的孔用红线打叉，线收缩率用红字注在零件图右下方。芯头边界和型芯剖面符号用蓝

线画出。

3.9.10 模样图的绘制

根据上述零件的铸造工艺图以及铸造收缩率，在黑板上定性地绘出木模图。生产中常用已考虑了收缩率的专用“缩尺”来绘制，以减少烦杂的尺寸换算。

在木模图上也有称为“芯头”的部位，主要是起模后在砂型中形成型芯座的作用，以便型芯在型腔中处于准确定位与固定之用。

3.9.11 铸型装配图的绘制

利用车间的一张装配图重点加以说明。

1. 浇注系统

浇注系统的类型很多根据合金种类和铸件结构不同，按照内浇道在铸件上的开设位置，最常用的为顶注式。另外，根据铸型结构的需要，还有底注式和侧注式浇注系统等。

顶注式浇注系统的优点是易于充满型腔，型腔中金属的温度自下而上递增，因而补缩作用好；简单易做；节省金属。但它对铸型冲击较大，有可能造成冲砂、飞溅和加剧金属的氧化。所以这类浇注系统多用于重量小，高度低和形状简单的铸件。浇注系统在图中用红色线条表示。

内浇道的方位直接影响铸件质量，因此内浇道的开设应注意：

(1) 内浇道的方向

不要正对砂型壁和型芯，以防铸件产生冲砂及粘砂缺陷；

(2) 内浇道的位置

① 对于壁厚相差较大的铸件，其内浇道应开设在厚壁处，且内浇道的截面多为高梯形，使金属液不断经过内浇道，以补充厚壁处铸件收缩的需要，可防止铸件产生缩孔。对于壁厚差别不大的铸件，其内浇道可开在薄壁处，且内浇道的截面为扁梯形、三角形或月牙形，使铸件各部分均匀冷却，可减少铸件形成裂纹的倾向，且在清理内浇道时，也不会将铸件损伤。

② 内浇道应避免开在铸件的重要表面上，特别是重要的加工面上，因浇道附近高温金属液流过的时间较长，在铸件的这些部位易出现气孔、缩孔等缺陷。当设计铸件时，如铸件的某处内部质量要求较高，不允许设置浇口，则应在技术要求中标明。

(3) 内浇道的数目：对于大平面或薄壁复杂铸件，如平板、盖、罩壳及箱体等，为使金属液迅速充满型腔、避免产生浇不足等缺陷，应多开几道内浇道。

2. 冒口与冷铁（在现有铸型装配图上未作表示，但应加以说明）

(1) 冒口的作用：铸型中的冒口储存着高温金属液，其作用是对铸件凝固时

产生的体积收缩进行补缩，消除铸件的缩孔，使缩孔进入冒口之中，待铸件冷凝后，将冒口除去，则可获得无缩孔的致密铸件。由于冒口与型腔相通，它还有起到观察、排气和集渣的作用。冒口在图中用红色线条表示。

(2) 冷铁的作用：冷铁是加大铸件厚壁处的冷凝速度和提高铸件表面的硬度和耐磨性。

冷铁分为两类：

① 外冷铁：用钢或铸铁做成与铸件被激冷处形状相同的冷铁，埋入砂型中，代替局部砂型，浇注时与铸件表面接触而起激冷作用。外冷铁表面涂有耐火涂料，以防止其与铸件熔合。

② 内冷铁：它插在砂型型腔中，浇注后与铸件熔合为一体。内冷铁的激冷作用比外冷铁大。为了保证内冷铁与铸件熔合良好，应要求内冷铁的材质与铸件相同，并要严格控制其尺寸大小和去除其表面的锈、油污和水分等。内冷铁一般用于不重要的实心厚壁件，如哑铃等。

内、外冷铁在图中均用涂黑来表示。

冒口与冷铁配合作用可有效防止铸件产生缩孔，即远离冒口的冷铁部位的金属液先凝固，其次是靠近冒口的金属液凝固，最后是冒口的金属液凝固，这种防止铸件产生缩孔的工艺措施称为顺序凝固原则。

3.9.12 铸件图的绘制

砂型经合箱浇注冷凝后，将浇、冒口除掉，并对铸件进行落砂清理等工作，最后就是铸件成品。

铸件图就是检验铸件是否符合质量要求的依据。

3.9.13 模样、型腔、铸件和零件之间的尺寸与空间的关系

在铸造生产中，用模样制得型腔，将金属液浇入型腔冷却凝固后获得铸件，铸件经切削加工最后成为零件。因此，模样、型腔、铸件和零件四者之间在形状和尺寸上有着必然的联系，见表 3-3。搞清它们之间的相互关系对了解铸造工艺过程和读懂铸造工艺图有重要的意义。

表 3-3 模样、型腔、铸件和零件之间的关系

名称 特征	模 样	型 腔	铸 件	零 件
大小	大	大	小	最小
尺寸	大于铸件一个收缩率	与模样基本相同	比零件多一个加工余量	小于铸件

形状	包括型芯头、活块、外型芯等形状	与铸件凹凸相反	包括零件中小孔洞等不铸出的加工部分	符合零件尺寸和公差要求
凹凸 (与零件相比)	凸	凹	凸	凸
空实 (与零件相比)	实心	空心	实心	实心

3.9.14 铸造技术的发展趋势

随着科学技术的进步和国民经济的发展，对铸造提出优质、低耗、高效、少污染的要求。铸造技术向以下几个方面发展。

1. 机械化、自动化技术的发展。随着汽车工业等大批大量制造的要求，各种新的造型方法（如高压造型、射压造型、气冲造型等）和制芯方法进一步开发和推广。

2. 特种铸造工艺的发展。随着现代工业对铸件的比强度、比刚度的要求增加，以及无切削加工的发展，特种铸造工艺向大型铸件方向发展。铸造柔性加工系统逐步推广，逐步适应多品种少批量的产品升级换代需求。复合铸造技术（如挤压铸造和熔模真空吸铸）和一些全新的工艺方法（如砂型铸造工艺、超级合金等离子滴铸工艺）逐步进入应用。

3. 特殊性能合金进入应用。球墨铸铁、合金钢、铝合金、钛合金等高比强度、比刚度的材料逐步进入应用。新型铸造功能材料，如铸造复合材料、阻尼材料和具有特殊磁学、电学、热学性能和耐辐射材料进入铸造成形领域。

4. 微电子技术进入使用。铸造生产的各个环节已开始使用微电子技术，如铸造工艺及模具的 CAD 及 CAM，凝固过程数值模拟，铸造过程自动检测、监测与控制，铸造工程 MIS，各种数据库及专家系统、机器人的应用等。

3.10 实例讲解：小飞机的铸造过程

3.10.1 分析工件分型面位置



图 3-40 小飞机模样

如图 3-40，小飞机机头是圆锥形，最大截面在中间，机翼最大截面在上边，机翼上两小圆锥形最大截面在中间，机翼后边机身这一部分为圆柱形，最大截面在中间，机尾两侧圆柱最大截面在中间，圆柱同机身的连接处为一菱形，最大截面在上边。机尾高处在砂型中，另一面在分型面上。

3.10.2 制作步骤

小飞机铸件具体的制作过程：

1. 放置模样



2. 放置下砂箱



3. 放入面砂



4. 加入背砂



5. 用砂舂尖头紧实



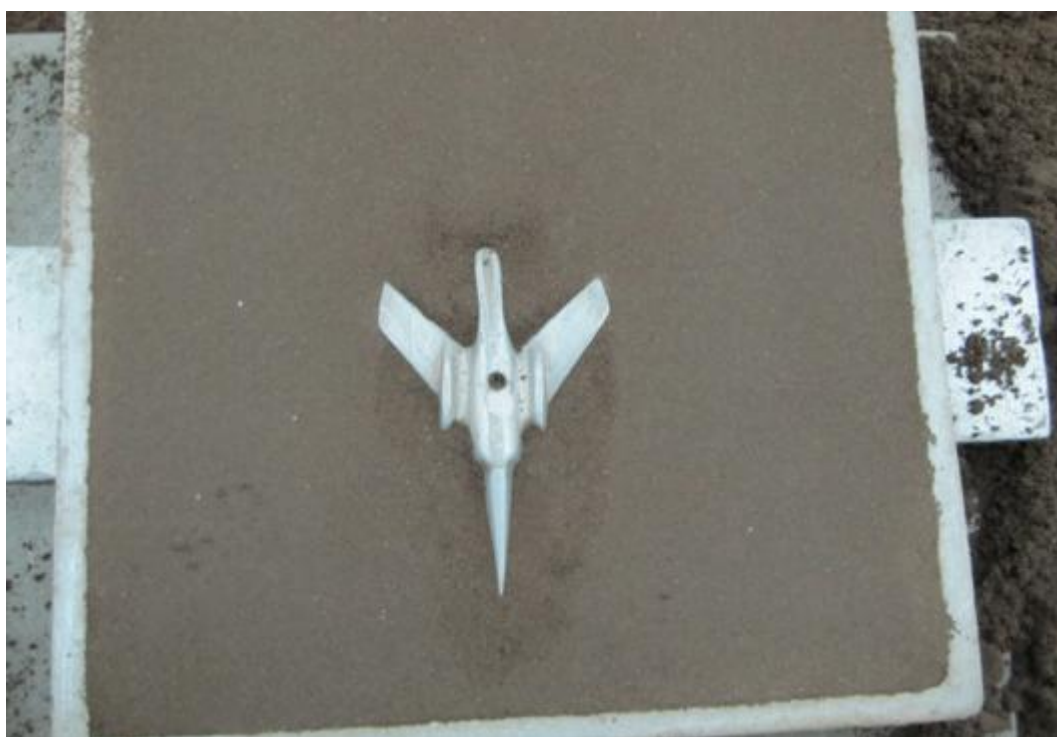
6. 用砂舂平头紧实



7. 翻转下箱，修平分型面



8. 挖砂



9. 挖砂完毕



10. 撒分型砂



11. 放置浇口棒



12. 加入面砂



13. 加入背砂紧实——取出浇口棒——修整外浇口——扎气孔



14. 制作合箱线



15. 修整上箱砂型



16. 开设内浇口



17. 沿模样轮廓刷水

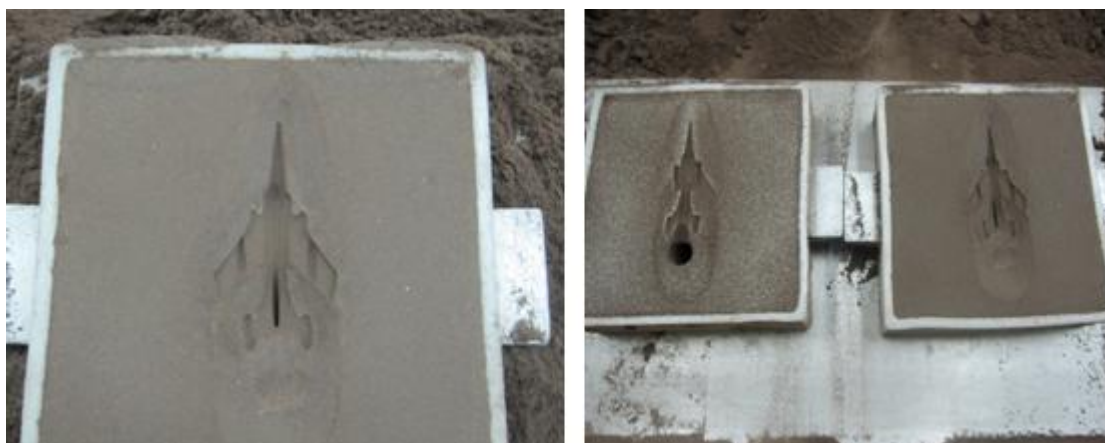


18. 将模样取出

先进行靠打，将飞机前端向上抬起一厘米左右，用手捏住飞机头部向斜上方将飞机取出。



19. 取模后的砂型



20. 合箱



21. 进行浇注



22. 落砂清理



23. 铸件去除浇口



第四章 焊工

4.1 教学基本要求

- 1、掌握焊条电弧焊的基本操作技能。
- 2、了解焊条电弧焊常用设备、工具和辅具的使用方法。
- 3、了解焊接位置对焊接规范参数的基本要求。
- 4、了解焊条电弧焊安全与防护技术。

4.2 焊接实习安全技术要求

- 1、实习时，要穿工作服，不准穿拖鞋，操作机床时严禁戴手套，女同学要戴工作帽。
- 2、不准擅自使用不熟悉的机器和工具。设备使用前要检查，如发现损坏或其他故障时应停止使用并报告。
- 3、焊接操作要时刻注意安全，互相照应，防止意外。
- 4、使用电器设备时，必须严格遵守操作规程，以防止触电。
- 5、要做到文明生产（实习），工作场地要保持整洁。使用的工具、量具要分类摆放，工件、毛坯和原材料应堆放整齐。

4.3 教学内容及进度安排

4.3.1 焊接基本原理

（一）焊接设备及辅助器件

1、焊条电弧焊基本原理

焊条电弧焊是利用焊条与工件之间建立起来的稳定燃烧的电弧，使焊条和工件熔化并融合在一起形成熔池，随后熔融态的熔池逐步冷却结晶形成焊缝，从而获得牢固焊接接头的工艺方法。焊接过程中，药皮不断地分解、熔化而生成气体及溶渣，保护焊条端部、电弧、熔池及其附近区域，防止大气对熔化金属的有害污染。焊条芯在电弧热作用下不断熔化，进入熔池，组成焊缝的填充金属。

2、焊条电弧焊设备及辅助器件

焊条电弧焊的整个装置是由弧焊电源、电缆和焊钳组成。弧焊电源、电缆、焊钳、焊条、电弧和焊件组成了焊条电弧焊的焊接回路。

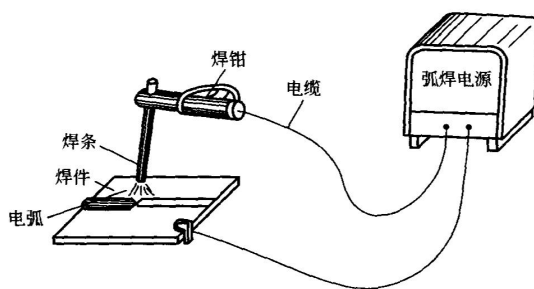


图4-1 焊条电弧焊的装置组成

1、焊条电弧焊设备——弧焊电源

(1) 对弧焊电源的基本要求

弧焊电源是焊条电弧焊的主要设备，它的作用是为焊接电弧稳定燃烧提供所需要的、合适的电流和电压，它必须具备电弧所要求的电气性能和工艺性能。

1) 对弧焊电源电气性能的要求

①外特性要求

焊条电弧焊电极尺寸较大，电流密度低。在电弧稳定燃烧的情况下，负载静特性处于水平段。故也要求电源外特性曲线与电弧静特性曲线相交，即要求焊条电弧焊电源具有下降的外特性。从电弧稳定性方面考虑，要求电源应具有陡降外特性。

②调节特性要求

当焊件的材质、厚度、几何形状或焊接材料规格发生变化时，焊接参数也应做相应的变化。因此，要求弧焊电源能够通过调节，得出不同的外特性曲线，以适应这种需要，这种性质叫弧焊电源的调节特性。焊条电弧焊最理想的调节特性是要求空载电压随焊接电流的减小而增大，随焊接电流的增大而减小。

③动特性要求

焊接电弧对弧焊电源而言是一个动负载，要求弧焊电源应具有良好的动态特性。

2) 对弧焊电源工艺特性的要求

为保证电弧的稳定燃烧和焊接过程的顺利进行，得到良好的焊接接头，弧焊电源在性能和结构方面应满足如下要求：

①保证引弧容易 空载电压越高越有利于引弧，但为了保证人身安全和经济性，要求空载电压一般不超过100V，特殊情况要超过，必须具有自动防触电装置；

②保证电弧稳定燃烧；

③保证焊接参数稳定（主要是指焊接电流和电弧电压的稳定）；

- ④焊接参数能够调节，以适应焊接不同性质和厚度的材料；
- ⑤使用时节省电能，结构简单、紧凑、制造容易、消耗材料少，成本低；
- ⑥使用安全、可靠、方便，性能良好，容易维修。

（2）弧焊电源的种类

焊条电弧焊所用电源一般分为交流弧焊电源、直流弧焊电源和逆变电源三大类。

表4-1 弧焊电源的特点及应用

名称		特点及应用
交流弧焊电源（弧焊变压器）		结构简单、易造易修、成本低、磁偏吹小、噪声小、效率高等；但电弧稳定性较差，功率因数较低。
直流弧焊电源	弧焊发电机	坚固、耐用，电弧燃烧稳定；但损耗较大、效率低、噪声大、成本高、质量大、维修难。电动机驱动的直流弧焊发电机，属于国家规定的淘汰产品。
	弧焊整流器	制造方便、价格较低、空载损耗小和噪声小等优点，且大多数可以远离调节焊接参数，能自动补偿电网电压波动对输出电压、电流的影响。可以作各种弧焊方法的电源。
弧焊逆变电源		具有高效、节能、质量轻、体积小、功率因数高和焊接性能好等优点。可用于各种弧焊方法，是一种最有发展前途的新型焊接电源。

3、焊条电弧焊设备辅助器件

焊条电弧焊设备辅助器件包括焊钳、接地夹钳、焊接电缆、焊接面罩、焊条保温筒等。

（1）焊钳

电焊钳又称焊把，是用以夹持焊条、传导电流的工具。有300A、500A二两种规格，要求具有良好的绝缘性与隔热能力。焊条位于水平、45°、90°等方向时焊钳都能夹紧焊条，并保证更换焊条安全方便、操作灵活。

（2）接地夹钳

接地夹钳是将焊接导线或接地电缆接到工件上的一种器具。接地夹钳必须能形成牢固的连接，又能快速且容易地夹到工件上。对于低负载持续率来说，弹簧夹钳可能是合适的。但在使用大电流时，可能需要螺丝夹钳，以使夹钳不过热并形成良好的连接。

（3）焊接电缆

焊接电缆是焊接回路的一部分，利用焊接电缆将焊钳和接地夹钳接到电源上。焊接电缆应具有最大的挠度，以便能够容易操作，特别是焊钳的操纵，同时应耐磨耐擦伤。

（4）焊接面罩

焊接面罩是防止焊接飞溅、弧光及高温对焊工面部及颈部灼伤的一种工具。面罩一般分为手持式和头盔式两种。要求选用耐燃或不燃的绝缘材料制成，罩体应遮住焊工的整个面部，结构牢固，不漏光。滤光片按亮度的深浅不同分为不同型号，号数越大，颜色越深。

（5）焊条保温筒

焊条保温筒的作用是保温焊条，防止受潮。特别是使用低氢型焊条焊接重要结构时，焊条必须先进烘箱烘焙，烘干温度和保温时间因材料和季节而异。焊条从烘箱内取出后，应储存在焊条保温筒内，在施工现场逐根取出使用。

（6）其他

清渣锤、钢丝刷、扁铲、锉刀、角向磨光机、风铲和焊缝尺寸测量器等。

4、电焊条

（1）对电焊条的基本要求

- 1) 电弧容易引燃，在焊接过程中能够稳定燃烧；
- 2) 药皮应均匀熔化，无成块脱落现象。其熔化速度稍慢于焊芯的熔化速度，从而有利于金属熔滴过渡；
- 3) 焊接过程中不应有较大烟雾和过多飞溅；
- 4) 保证熔敷金属具有一定的抗裂性以及所需的力学性能和化学成分；
- 5) 焊后焊缝成形正常，焊渣容易清除。

（2）电焊条的构成

电焊条由焊芯和药皮两部分组成。

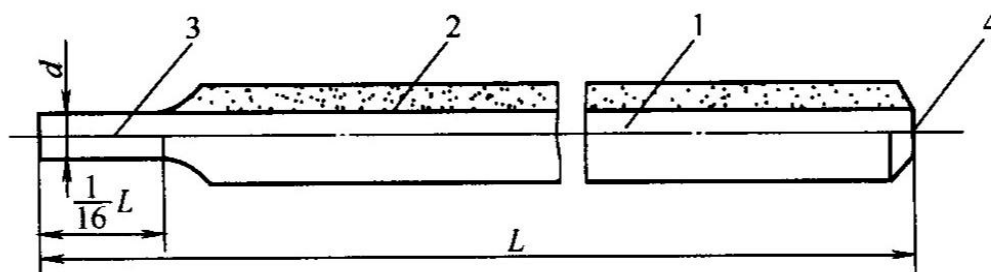


图4-2 焊条组成示意图

1-焊芯，2-药皮，3-夹持端，4-引弧端

(3) 电焊条的分类

电焊条的分类方法很多，可分别按用途、熔渣的酸碱度、焊条药皮的主要成分、焊条性能特征等不同角度对电焊条进行分类。

1) 按用途或焊芯化学成分分类

表4-2 电焊条按用途和焊芯化学成分分类

序号	焊条分类 (按用途分类)	代号	焊条分类 (按化学成分分类)	代号
1	结构钢焊条	结 (J)	碳钢焊条 低合金钢焊条	E
2	钼及铬钼耐热钢焊条	热 (R)		E
3	低温钢焊条	温 (W)		
4	铬不锈钢焊条 铬镍不锈钢焊条	铬 (G) 奥 (A)	不锈钢焊条	E
5	堆焊焊条	堆 (D)	堆焊焊条	ED
6	铸铁焊条	铸 (Z)	铸铁焊条	EZ
7	镍及镍合金焊条	镍 (Ni)	镍及镍合金焊条	ENi
8	铜及铜合金焊条	铜 (T)	铜及铜合金焊条	TCu
9	铝及铝合金焊条	铝 (L)	铝及铝合金焊条	TA1
10	特殊用途焊条	特 (TS)	-----	--

2) 按熔渣的酸碱性分类

主要是根据焊接熔渣的碱度，即按熔渣中碱性氧化物与酸性氧化物的比例来划分。

①酸性焊条

药皮中含有大量的 TiO_2 、 SiO_2 等酸性造渣物及一定数量的碳酸盐等，熔渣氧化性强，熔渣碱度系数小于1。酸性焊条焊接工艺性好，电弧稳定，可交、直流两用，飞溅小、熔渣流动性和脱渣性好，熔渣多呈玻璃状，较疏松、脱渣性能好，焊缝外表美观。但酸性焊条的药皮中含有较多的二氧化硅、氧化铁及氧化钛，氧化性较强，焊缝金属中的氧含量较高，合金元素烧损较多，合金过渡系数较小，熔敷金属中含氢量也较高，因而焊缝金属塑性和韧性较低。

②碱性(低氢型)焊条

药皮中含有大量的碱性造渣物(大理石、萤石等)，并含有一定数量的脱氧剂和渗合金剂。碱性焊条主要靠碳酸盐(如 CaCO_3 等)分解出 CO_2 作保护气体，弧柱气氛中的氢分压较低，而且萤石中的氟化钙在高温时与氢结合成氟化氢(HF)，降低

了焊缝中的含氢量，故碱性焊条又称为低氢型焊条。碱性渣中CaO数量多，熔渣脱硫的能力强，熔敷金属的抗热裂纹的能力较强。而且，碱性焊条由于焊缝金属中氧和氢含量低，非金属夹杂物较少，具有较高的塑性和冲击韧性。碱性焊条由于药皮中含有较多的萤石，电弧稳定性差，一般多采用直流反接，只有当药皮中含有较多量的稳弧剂时，才可以交、直流两用。

碱性焊条一般用于较重要的焊接结构，如承受动载荷或刚件较大的结构。

3) 按焊条药皮类型分类

表4-3 电焊条按药皮类型分类

药皮类型	电源种类	主要特点
钛型	直流或交流	药皮中含氧化钛 35%以上，焊条工艺性能良好，电弧稳定，引弧方便，飞溅很小，熔深很浅，熔渣覆盖性良好，脱渣容易，焊缝波纹特别美观，可全位置焊接。尤宜于薄板焊接，但焊缝塑性和抗裂性稍差。
钛钙型	直流或交流	药皮中含氧化钛 30%以上，钙、镁的碳酸盐 20%以下，焊条工艺性能良好，熔渣流动性好，熔深一般，电弧稳定，焊缝美观，脱渣方便，适用于全位置焊接。
钛铁矿型	直流或交流	药皮中含钛铁矿 $\geq 30\%$ ，焊条熔化速度快，熔渣流动性好，熔深较深，脱渣容易，焊波整齐，电弧稳定，平焊、平角焊工艺性能较好，立焊稍次，焊缝有较好的抗裂性。
氧化铁型	直流或交流	药皮中含多量氧化铁和较多的锰铁脱氧剂，熔深大，熔化速度快，焊接生产率高，电弧稳定，再引弧方便。立焊、仰焊较困难，飞溅稍大，焊缝抗裂性能较好，适用于中厚板焊接。由于电弧吹力大，适于野时操作。
纤维素型	直流或交流	药皮中含 15%以上的有机物，30%左右的氧化钛，焊接工艺性能良好，电弧稳定，电弧吹力大，熔深大，熔渣少，脱渣容易。可作立向下焊、深熔焊或单面焊双面成型焊接，立、仰焊工艺性好，适用于薄板结构、油箱管道、车辆壳体等焊接。
低氢型	直流或交流	药皮组分以碳酸盐和萤石为主，焊条使用前须经 300~400℃烘焙。短弧操作，焊接工艺性一般，可全位置焊接，焊缝有良好的抗裂性和综合力学性能。适宜于焊接重要的焊接结构。
低氢型	直流	
石墨型		药皮中含有多量石墨，通常用于铸铁或堆焊焊条。采用低碳钢焊芯时，焊接工艺性能较差，飞溅较多，烟雾较大，熔渣少，适用于平焊。采用有色金属焊芯时，能改善其工艺性能，但电流不宜过大。
盐基型		药皮中含多量氯化物和氟化物，主要用于铝及铝合金焊条。吸潮性强，焊前

		要烘干。药皮熔点低，熔化速度快。采用直流电源，焊接工艺性较差，短弧操作，熔渣有腐蚀性，焊后常用热水清洗。
--	--	--

4) 按焊条性能分类

按性能分类的焊条，都是根据其特殊使用性能而制造的专用焊条。如：超低氢焊条、低尘低毒焊条、立向下焊条、躺焊焊条、打底层焊条、高效铁粉焊条、防潮焊条、水下焊条、重力焊条等。

5、电焊条的选用

焊条的选用须在确保焊接结构安全、可靠使用的前提下，根据被焊材料的化学成分、力学性能、板厚及接头形式、焊接结构特点、受力状态、结构使用条件对焊缝性能的要求、焊接施工条件和技术经济效益等综合考查后，有针对性的选用焊条，必要时还需进行焊接性试验。焊条的选用原则如下：

(1) 同种钢材焊接时焊条选用要点

1) 考虑焊缝金属力学性能和化学成分

对于普通结构钢，通常要求焊缝金属与母材等强度，应选用熔敷金属抗拉强度等于或稍高于母材的焊条；对于合金结构钢，有时还要求合金成分与母材相同或接近。在焊接结构刚性大、接头应力高、焊缝易产生裂纹的不利情况下，应考虑选用比母材强度低的焊条。当母材中碳、硫、磷等元素的含量偏高时，焊缝中容易产生裂纹，应选用抗裂性能好的碱性低氢型焊条。

2) 考虑焊接构件使用性能和工作条件

对承受动载荷和冲击载荷的焊件，除满足强度要求外，主要应保证焊缝金属具有较高的冲击韧度和塑性，可选用塑、韧性指标较高的低氢型焊条。接触腐蚀介质的焊件，应根据介质的性质及腐蚀特征选用不锈钢类焊条或其它耐腐蚀焊条。在高温、低温、耐磨或其它特殊条件下工作的焊接件，应选用相应地耐热钢、低温钢、堆焊或其它特殊用途焊条。

3) 考虑焊接结构特点及受力条件

对结构形状复杂、刚性大的厚大焊接件，由于焊接过程中产生很大的内应力，易使焊缝产生裂纹，应选用抗裂性能好的碱性低氢焊条。对受力不大、焊接部位难以清理干净的焊件，应选用对铁锈、氧化皮、油污不敏感的酸性焊条。对受条件限制不能翻转的焊件，应选用适于全位置焊接的焊条。

4) 考虑施工条件和经济效益

在满足产品使用性能要求的情况下，应选用工艺性好的酸性焊条。在狭小或通风条件差的场合，应选用酸性焊条或低尘焊条。对焊接工作量大的结构，有条

件时应尽量采用高效率焊条,如铁粉焊条、高效率重力焊条等,或选用底层焊条、立向下焊条之类的专用焊条,以提高焊接生产率。

(2) 异种钢焊接时焊条选用要点

1) 强度级别不同的碳钢+低合金钢或低合金钢+低合金高强钢

一般要求焊缝金属或接头的强度不低于两种被焊金属的最低强度,选用的焊条强度应能保证焊缝及接头的强度不低于强度较低侧母材的强度,同时焊缝金属的塑性和冲击韧性应不低于强度较高而塑性较差侧母材的性能。因此,可按两者之中强度级别较低的钢材选用焊条。但是,为了防止焊接裂纹,应按强度级别较高、焊接性较差的钢种确定焊接工艺,包括焊接规范、预热温度及焊后热处理等。

2) 低合金钢+奥氏体不锈钢

应按照对熔敷金属化学成分限定的数值来选用焊条,一般选用铬、镍含量较高的、塑性、抗裂性较好的 25-13 型奥氏体钢焊条,以避免因产生脆性淬硬组织而导致的裂纹。但应按焊接性较差的不锈钢确定焊接工艺及规范。

3) 不锈钢复合钢板

应考虑对基层、覆层、过渡层的焊接选用三种不同性能的焊条。对基层(碳钢或低合金钢)的焊接,选用相应强度等级的结构钢焊条;覆层直接与腐蚀介质接触,应选用相应成分的奥氏体不锈钢焊条。关键是过渡层(即覆层与基层界面)的焊接,必须考虑基体材料的稀释作用,应选用铬、镍含量较高、塑性和抗裂性好的 25-13 型奥氏体焊条。

6、焊条的保管及使用

(1) 焊条的烘干

焊条在存放时会从空气中吸收水分而受潮,受潮严重的焊条在使用时往往会使工艺性能变坏,造成电弧不稳、飞溅增大、烟尘增多等不利现象,并且还会影响焊缝内部质量,易产生气孔、裂纹等缺陷。因此焊条(特别是碱性焊条)在使用前必须烘干。

酸性焊条由于药皮中含有结晶水物质和有机物,烘干温度不能太高,一般规定为 75~150℃,保温 1~2h;碱性焊条在空气中极易吸潮且药皮中没有有机物,因此,烘干温度较酸性焊条高些,一般为 350~400℃,保温 1~2h。焊条累计烘干次数一般不宜超过 3 次。

(2) 焊条的储存、保管

1) 焊条必须分类、分型号、分规格存放,避免混淆。

2) 焊条必须存放在通风良好、干燥的库房内。重要焊接结构使用的焊条,特别是低氢型焊条,最好储存在专用的库房内。库房内应设置温度计、湿度计,室

内温度在 5°C 以上，相对湿度不超过 60%。

(3) 焊条必须放在离地面和墙壁的距离均在 0.3m 以上的木架上，以防受潮变质。

4.3.2 焊条电弧焊基本操作

1、引弧操作工艺

(1) 操作姿势 一般采用蹲式操作。蹲姿要自然，两脚夹角为 $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，两脚距离约为 240~260 mm。持焊钳的胳膊半伸开，要悬空无依托操作，如图 4-3 所示。

(2) 引弧方式

1) 划擦引弧法 首先将焊条前端对准焊件引弧处，然后扭动手腕，使焊条在焊件表面轻微划擦一下，划擦后，焊条提起 2~4mm，即产生电弧。引燃电弧后，电弧长度保持在 1~3mm。这种引弧方法类似划火柴，易于掌握。

2) 直击引弧法 首先将焊条前端对准焊件引弧处，然后手腕向下转动，使焊条在焊件表面轻微碰击一下，再迅速将焊条提起 2~4mm，即产生电弧。引燃电弧后，手腕放平，电弧长度保持在 1~3mm，使电弧稳定燃烧。

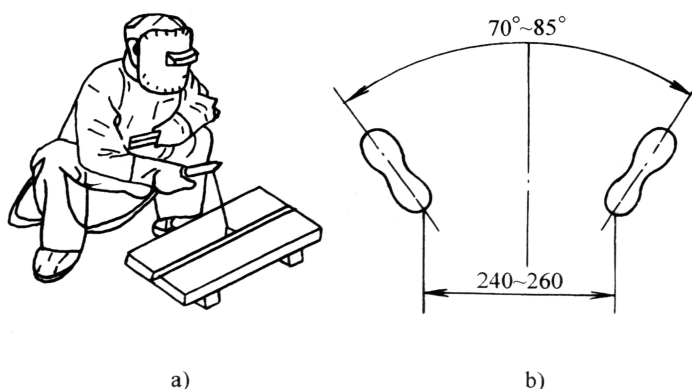


图 4-3 操作姿势

2、运条

电弧引燃后，就开始正常的焊接过程。为获得良好的焊缝成形，焊条得不断地运动。焊条的运动称为运条。运条是电焊工操作技术水平的具体表现。焊缝质量的优劣、焊缝成形的好坏，主要由运条来决定。运条由三个基本运动合成，分别是焊条的送进运动、焊条的横向摆动运动和焊条的沿焊缝移动运动。

①沿焊条中心线向熔池送进，既是为了向熔池添加填充金属，也是为了在焊条熔化后，继续保持一定的电弧长度，因此，焊条的送进速度应与熔化速度相同。

否则，会发生断弧或焊条粘在焊件上的现象。

②焊条沿焊接方向移动，目的是控制焊道成形。若焊条移动速度太慢，则焊道会过高、过宽、外形不整齐，焊接薄板时甚至会发生烧穿等缺陷。若焊条移动太快，则焊条和焊件熔化不均，造成焊道较窄，甚至发生未焊透等缺陷。


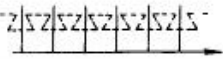

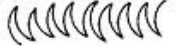
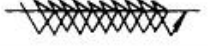
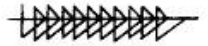

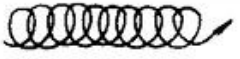
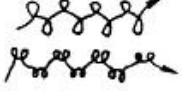
③焊条的横向摆动，是为了对焊件输入足够的热量、排渣、排气等，并获得一定宽度的焊缝或焊道。

上述三个动作组成焊条有规则的运动，焊工可根据焊接位置、接头型式、焊条直径与性能，焊接电流大小以及技术熟练程度等因素来掌握。运条的关键是平稳、均匀，焊条的几个角度不能随意改变。

运条方法：

为了控制熔池温度，使焊缝具有一定的宽度和高度，在生产中经常采用下面几种运条手法。

表 4-4 焊条电弧焊运条方式

运条方法		运条示意图	适用范围
直线形			(1) 3~5mm 厚度，I 形坡口对接平焊； (2) 多层焊的第一层焊道； (3) 多层多道焊
直线往返形			(1) 薄板焊； (2) 对接平焊（间隙较大）
锯齿形			(1) 对接接头（平焊、立焊、仰焊）； (2) 角接接头（立焊）
月牙形			(1) 对接接头（平焊、立焊、仰焊）； (2) 角接接头（立焊）
三角形	斜三角形		(1) 角接接头（仰焊）； (2) 对接接头（开 V 形坡口横焊）
	正三角形		(1) 角接接头（立焊）； (2) 对接接头
圆圈形	斜圆圈形		(1) 角接接头（平焊、仰焊）； (2) 对接接头（横焊）
	正圆圈形		对接接头（厚焊件平焊）
八字形			对接接头（厚焊件平焊）

3、焊道的连接

在操作时，由于受焊条长度的限制或操作姿势的变换，一根焊条往往不可能完成一条焊道。因此，出现了焊道前后两段的连接问题。焊道的连接一般有以下几种方式，如图 4-4 所示。

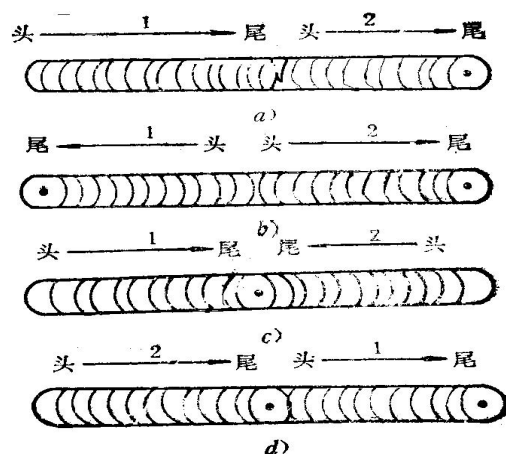


图 4-4 焊道的连接

①接头方式(a)，使用最多，接头的方法是在先焊焊道弧坑稍前处(约10mm)引弧。电弧长度比正常焊接略微长些(碱性焊条电弧不可加长，否则易产生气孔，然后将电弧移到原弧坑的2/3处)，填满弧坑后，即向前进入常焊接。如果电弧后移太多，则可能造成接头过高。后移太少，将造成接头脱节，产生弧坑未填满的缺陷。焊接接头时，更换焊条的动作越快越好。因为在熔池尚未冷却时进行接头，不仅能保证质量，而且焊道外表面成美观。

②接头方式(b)，要求先焊焊道的起头处要略低些，接头时在先焊焊道的起头略前处引弧，并稍微拉长电弧，将电弧引向先焊焊道的起头处，并覆盖它的端头，待起头处焊道焊平后再向先焊焊道相反的方向移动。

③接头方式(c)，是后焊道从接口的另一端引弧，焊到前焊道的结尾处，焊接速度略慢些，以填满焊道的弧坑，然后以较快的焊接速度再向前焊一小段后熄弧。

④接头方式(d)，是后焊的焊道结尾与先焊的焊道起头相连接，要利用结尾时的高温重复熔化先焊焊道的起头处，将焊道焊平后快速收弧。

4、收尾

电弧中断和焊接结束时，应把收尾处的弧坑填满。若收尾时立即拉断电弧，则会形成比焊件表面低的弧坑。

在弧坑处常出现疏松、裂纹、气孔、夹渣等现象，因此焊缝完成时的收尾动作不仅是熄灭电弧，而且要填满弧坑。收尾动作有以下几种：

①划圈收尾法。焊条移至焊缝终点时，作圆圈运动，直到填满弧坑再拉断电弧。主要适用于厚板焊接的收尾。

②反复断弧收尾法。收尾时，焊条在弧坑处反复熄弧、引弧数次，直到填满弧坑为止。此法一般适用于薄板和大电流焊接，但碱性焊条不宜采用，因其容易

产生气孔。

③回焊收尾法。焊条移至焊缝收尾处立即停止，并改变焊条角度回焊一小段。此法适用于碱性焊条。

当换焊条或临时停弧时，应将电弧逐渐引向坡口的斜前方，同时慢慢抬高焊条，使得熔池逐渐缩小。当液体金属凝固后，一般不会出现缺陷。

5、焊接电流与焊接速度的选择

各种焊条直径常用的焊接电流范围可参考表 4-5。

表 4-5 焊接电流的选择

焊条直径/mm	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	5.8
焊接电流/A	25~40	40~70	70~90	100~130	160~200	200~270	260~300

表 4-6 焊条直径与焊件厚度的关系

焊件厚度/mm	2	3	4-5	6-12	>13
焊条直径/mm	2.5	3.2	3.2-4	4-5	4-6

焊接速度是指单位时间所完成的焊缝长度。它对焊缝质量影响也很大。焊接速度由焊工凭经验掌握，在保证焊透和焊缝质量前提下，应尽量快速施焊。工件越薄，焊速应越高。

4.3.3 焊接步骤

1、引弧

(1) 引弧堆焊 首先在焊件的引弧位置用粉笔画直径 13 mm 的一个圆，然后用直击引弧法在圆圈内撞击引弧。引弧后，保持适当电弧长度，在圆圈内作划圈动作 2~3 次后灭弧。待熔化的金属凝固冷却后，再在其上面引弧堆焊，这样反复操作直到堆起高度约为 40 mm 为止。

(2) 定点引弧 先在焊件上按图纸要求划线，然后在直线的交点处用划擦引弧法引弧。引弧后，焊成直径 13 mm 的焊点后灭弧。这样不断重复操作完成若干个焊点的引弧训练。

2、采用酸性焊条的平敷焊工艺

采用酸性和碱性焊条进行钢板的平敷焊，运条时做到焊条轴向送进、沿焊接方向移动及横向摆动三个基本动作相互配合。

3、收弧

第五章 模具制造与材料成型

5.1 电火花线切割加工

5.1.1 实训目的

- 1、了解电火花线切割加工的原理、特点和应用。
- 2、了解编制电火花线切割加工程序的方法。
- 3、了解电火花线切割加工机床的操作方法。

5.1.2 实训内容

- 1、讲解电火花线切割加工机床的组成、原理、特点及应用。
- 2、演示电火花线切割加工机床的加工过程。
- 3、学生上机操作了解电火花线切割加工机床加工零件的过程。

5.1.3 实训设备

电火花线切割加工机床两台，两台均为中走丝机床。

5.1.4 线切割机床加工原理

电火花切割时，在电极丝和工件之间进行脉冲放电。如图 5—1 电极丝接脉冲电源的负极，工件接脉冲电源的正极。当来一脉冲电源时，在电源丝和工件之间产生一次火花放电，在放电通道的中心瞬时温度可高达 10000℃ 以上，高温使工件金属融化，甚至有少量气化，高温也使电极丝和工件之间的工作液部分生产气化，这些气化后的工作液和金属蒸汽瞬间迅速膨胀，并具有爆炸的特性。这种热膨胀和局部微爆炸。抛出融化和气化的金属材料而现实对工件材料的进行电蚀切割加工。通常认为电极丝与工件的放电间隙 δ 电在 0.01mm 左右，若电脉冲电压高，放电间隙会大一些。线切割编程时，一般取 δ 电=0.01mm。

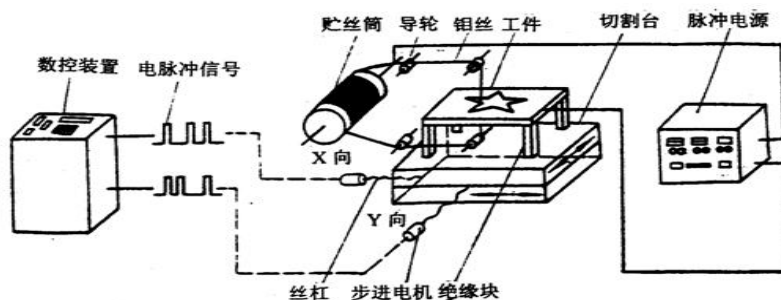


图 5-1 线切割机床加工原理

每来一个电脉冲时，要保证在电极丝和工件之间产生的是火花放电是而不是电弧放电，火花放电必要的条件，首先必须是两个电脉冲之间有足够的时间使放电间隙中的介质消电离，即使放电通道中的带粒子复合为中性粒子，恢复本

次放电通道处间隙中介质的绝缘强度，以免总在同一处发生放电而导致电弧放电。一般脉冲间隙应为脉冲宽度的 4 倍以上。

为了保证火花放电时电极丝（一般用钼丝）不被烧断，必须向放电间隙注入大量工作液，以使电极丝得带充分冷却，同时电极丝必须作高速轴向运动，以避免火花放电总在电极丝的局部位置而被烧断，电极丝速度约在 7—10mm/s 左右。高速运动的电极丝，有利于不断往放电间隙中带入新的工作液，同时也有利于把电蚀产物从间隙中带出去。

电花线切割加工时，为了获得比较好的表面粗糙度和好的尺寸精度，并保证钼丝不被断，应选择好相应的卖唱参数，使工件与钼丝之间的放电火花放电，而不是电弧放电。

5.1.5 数控线切割机床结构

数控线切割机床由工作台、运丝机构、丝架、床身四部分组成。

1) 工作台主要由拖板、导轨、丝杆运动副、齿轮传动机构组成。如图 5-2 所示：

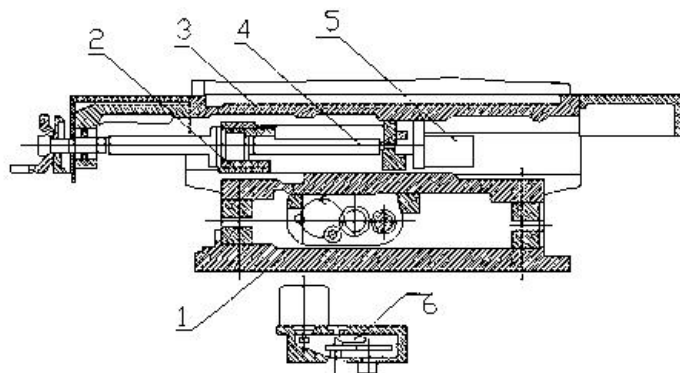


图 5-2 工作台结构

1-下拖板 2-中拖板 3-上拖板 4-滚珠丝杆 5-步进电机 6-齿轮传动机构

2) 运丝机构由储丝筒组合件上、下拖板、齿轮副、丝杆副、换向装置和绝缘件等组成，如图 5-3 所示。

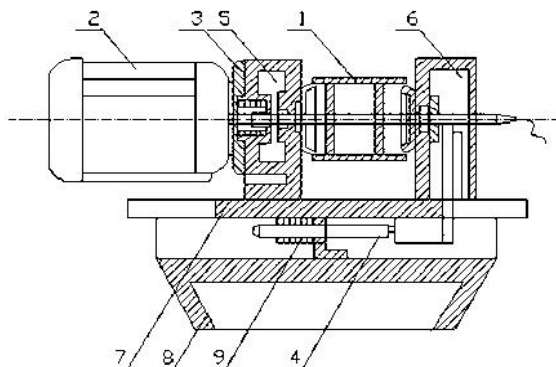


图 5-3 储丝筒组合件

1-储丝筒 2-电动机 3-联轴器 4-丝杆 5-支架 6-支架 7-拖板 8-底座 9-螺母

3) 丝架采用单柱支撑、双臂悬梁结构, 如图 5-4:

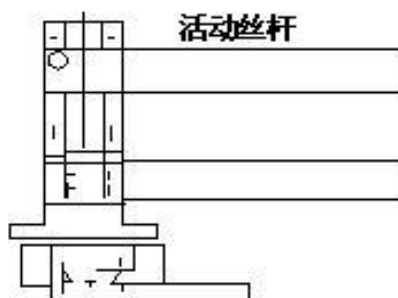


图 5-4 丝架结构示意图

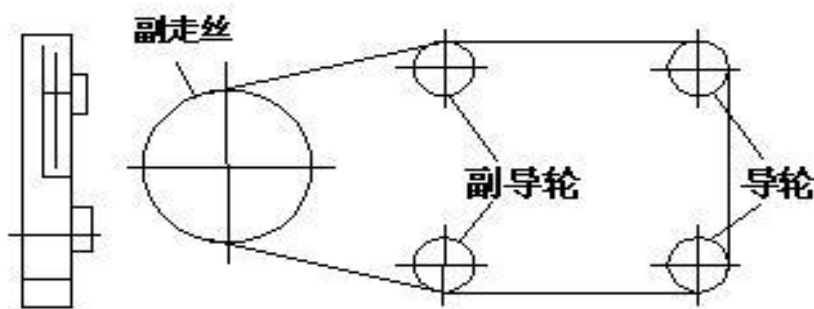


图 5-5 走丝示意图

5.1.6 线切割机机床操作练习

1、线切割机机床操作准备

- 1) 熟悉 3B 格式编程方法。
- 2) 检查脉冲电源、控制台接线、各按钮位置是否正常。
- 3) 检查线切割机床的电极丝是否都落入导轮槽内，馈电块是否与电极丝有效接触，钼丝松紧是否适当。
- 4) 检查行程撞块是否在两行程开关之间的区域内，冷却液管是否通畅。
- 5) 用油枪给工作台导轮副、齿轮副、丝杠螺母及贮丝机构加油（HJ-30 机械油），线架导轮加 HJ-5 高速机械油。
- 6) 开机前确定机，机床处于下列状态：电柜门必须关严，丝筒行程撞块不能压住行程开关，急停按钮处于复位的状态。如未绕丝开机刚应该使断机开关处于位。
- 7) 安装工件，电极丝接脉冲电源输出负极，工件接脉冲电源输出正极。

2、线切割机床的操作步骤（现场详细讲解）

1) 开启机床

主要按键：紧急停止开关、主电源开关、控制柜开关、控制软件打开

2) 线切割控制系统加工操作（绘图、生成程序）

3) 加工参数设置

4) 切削加工中 注意观察机床是否有异常的情况出现。

5) 切割完毕后，将工件台停留在中位，按正确的顺序关闭电源，将工件，夹件擦拭后指定的位置。清除切屑，擦拭机床，保证工作台面和机身的清洁。

3、线切割机床的工件装夹

线切割机床工件装夹的一般要求：

工件装夹的形式对加工精度有直接的影响。电火花线切割机床的夹件比较简单，一般地是在线切割机床通用夹件上采用压板螺钉固定工件。为了适应各种形状的加工要求，还可以使用磁性夹件，旋转夹件，或者专用夹件等。

工件装夹的一般要求：

(1) 工件在基准面应该清洁无毛刺，经热处理的工件。在穿丝孔内及扩孔的台阶处，要求清洁热处理的多余的废物和氧化皮。

(2) 夹具应该具有必要的精度，将其稳定的固定在工作台上，拧紧螺丝时用力要均匀。

(3) 工件装夹时候的位置应该有种子工件的找正。并应该与机床行程相适应，工件台移动时候工件不得与线架有接触。

(4) 对工件的夹紧力要均匀，不得使工件变形或者是移位。

(5) 大批零件加工时，最好采用专用的夹具，以提高生产的效率。

(6) 细小，精密，薄壁的工件应该固定在不易变形的辅助夹具上。

4、工件的找正

当拿到一张图纸的时候，或者一个工件的时候，如何装夹。找正切割才能既省事又能达到较好的效果呢？找正的方法有划线按基准面和按孔找正的方法具体的分析方法如下：

1、按划线找正：

(1)：线切割加工的型腔的位置和其它的他已成型的型腔位置要求不严格时，可靠紧基面后。穿丝可按划线定位。

(2)：同一工件上型孔之间相互位置要求，但与外形要求不严，又都是只用线切割一道工序加工时，也可按基面靠紧，按划线定位、穿丝，切割一个型孔后卸线，走一段规定的距离，再穿丝切第二个型孔，如此重复，直至加工完毕。

2、按基本孔或已成型孔找正：

(1) 按已成型的孔找正。当线切割型孔位置与外型要求不严，但与工件他工艺已成型的型腔位置要求严时，可靠紧基面后按车工内型型孔找正后走步距再加工。

(2) 按基准孔找正。线切割加工工件较大，但切割型孔总的行程未超过机床行程。又要求按外型找正时，可按外形尺寸做出基准孔，线切割时按基面靠直后再按基准孔定位。

3、按外形找正。

当线切割型孔位置与外形较严时，可按外形尺寸来定位。此时最少要磨出侧垂直基面，有的甚至要磨六面。圆形工件通常要求圆柱面和端面垂直。这样。靠圆柱面即可定位。当切割型孔在中心且与外形同轴度要求不严。又无方向性时，可直接穿丝，然后用刚尺比一下外形，丝在中间即可。若与外形同轴度虽要求不严但有方向性时。当基准孔无法磨时（如很小）也可按线仔细找正。按外形找正有两种，一是直接按外形找正，二是按工件外形配做一胎具，找正胎具外形，工件固定好后即可加工。

5、工艺参数选择

合理选择电参数

(1) 要求切割速度时：当脉冲电源的空载电压高、短路电流大、脉冲宽度大时候，则切割速度高。但是切割速度和表面粗糙度的要求是互相矛盾的两个切割速度好受到间隙消点离的限制，也就是说，脉冲间隔也要适宜。

(2) 要求表面粗糙度好时：若切割的工件厚度在 80mm 也内，则选用分组波的脉冲电源为好，它与同样能量的距离形波脉冲电源相比，在相同的切割速度条件下、可以获得较好的 表面粗糙度。

(3) 要求电极撕损耗小时：多选用前阶梯脉冲波形或脉冲前沿上升缓慢的波形，由于这种波形电流的上升率底，故可以见效丝损。

(4) 要求切割厚工件时；选用矩形波、高电压、大电流、大脉冲宽度和大的脉冲间隔可充分消电离，从而保证加工的稳定性。

若加工模具厚度为 20-60mm，表面粗糙度值为 1.6-3.2 μ m，脉冲电源的点参数可在如下范围内选取：

脉冲宽度 4-20 μ s

脉冲幅值 60-80v

加工电流 0.8-2A

切割速度约为 15~40mm²/min

选择上述的下限数, 表面粗糙度为 $Ra=1.6\mu m$, 随着参数的增大, 表面粗糙度增值 $Ra: 3.2\mu m$ 。

加工铺工件和试切样板时, 点参数应取小些, 否则会使放电间隙的增大。

加工厚工件如(模)时, 电参数应适当的取大些, 否则会使加工不稳定, 模具质量下降。

5.1.7 练习操作

切割加工一个五角星(尺寸学生自定义)

5.2 注塑机加工

5.2.1 实训目的

- 1、了解注塑加工的原理及注塑机的结构。
- 2、了解注塑机的使用和保养常识。
- 3、了解注塑机的操作。

5.2.2 实训内容

- 1、理解注塑加工的原理、特点和应用。
- 2、讲解注塑机的结构、组成、使用和保养。
- 3、现场操作注塑机, 演示加工过程(手动、半自动和全自动)。

5.2.3 实训设备

海天注塑机 SA2500、SA3800 两台。

5.2.4 注塑机加工原理

注塑成型也称为注射成型, 它是目前塑料加工中最普遍的采用的方法之一, 可用来生产空间几何形状非常复杂的塑料制品. 注塑成型原理-----将塑料颗粒定量加入到注塑机的料筒内, 通过料筒的传热, 以及螺杆转动时产生的剪切摩擦作用使塑料逐步熔化呈粘流状态熔体, 然后在柱塞或螺杆的高压推挤下, 以很大的流速通过机筒前端的喷嘴注入到温度较低的闭合模具的型腔中. 由于模具的冷却作用, 使模腔内的熔融塑料逐渐凝固并定型, 最后开启模具便可以从模腔中推出具有一定形状和尺寸的注塑件.

注射成型的基本要求是塑化、注射和成型。塑化是实现和保证成型制品质量的前提, 而为满足成型的要求, 注射必须保证有足够的压力和速度。同时, 由于注射压力很高, 相应地在模腔中产生很高的压力(模腔内的平均压力一般在 $20\sim 45MPa$ 之间), 因此必须有足够大的合模力。由此可见, 注射装置和合模装置是注塑机的关键部件。

5.2.5 注塑机的分类

注塑机根据塑化方式分为柱塞式注塑机和螺杆式注塑机, 按机器的传动方式

又可分为液压式、机械式和液压——机械（连杆）式，按操作方式分为自动、半自动、手动。

5.2.6 注塑机的结构组成



图 5-6 海天注塑机结构图

海天注塑机是浙江宁波海天注塑机有限公司开发的一种高效、精密曲肘式注塑成型机。

主要包括：锁模部分、射胶部分、机门、机架、液压系统及电气控制部分。各部分功能如下：

锁模部分：保证模具可靠闭紧和实现模具启闭动作及顶出制品。

射胶部分：固态塑料从落料斗进入料筒，经过螺杆挤压剪切使固态塑料熔融，并注射入模具。

机 门：起保护操作者及设备的作用。

机 架：所有各部分固定用。

液压系统：在电气控制元件的控制下使锁模及射胶部分完成各种动作。

电气系统：有数控及电脑控制之分，在操作者的指挥下控制各部分的动作。

主要周期动作顺序为：合模——（射嘴前进）——注射——压力保持与制品冷却，同时塑化熔胶——（射嘴后退）——开模——顶出制品——合模。（括号内动作可省略）

海天注塑机射胶部分采用一线螺杆由低速高扭矩马达直接驱动塑化，双缸平衡式注射，单缸射移动作，锁模部分采用五点斜排式连杆机构，是目前较先进的装置。

（一）、射胶部分功能及特点

射胶部分由：料管组、射移油缸、射胶油缸、射胶头板、落料斗和液压马达组成。主要动作：进料、射移、注射、熔胶。

料管组包括：螺杆、料筒、加热圈、射嘴法兰及射嘴。

螺杆：是注塑机的重要部件。它的作用是对塑料进行输送、压实、熔化、搅拌和施压。

机筒的结构其实就是一根中间开了下料口的圆管。

分流梭是装在螺杆前端形状象鱼雷体的零件。

止逆环(过胶圈)：是防止塑料熔体在注射时往后泄漏的一个零件。

射嘴是联接料筒和模具的过渡部分。有直通式射嘴、自锁式射嘴、杠杆针阀式射嘴。

法兰：是连接射嘴与机筒的零件。

加料斗是储存塑料原料的部件。

（二）、锁模部分功能及特点

锁模部分总体结构如图，由锁模油缸、尾板、机铰及十字头、顶针油缸、二板、导柱、机械安全锁和头板组成。主要动作：快速锁模、入闸、高压锁模、高压开模、出闸、快速开模。

优点：1) 合模迅速，2) 模板的运动速度和锁模力轨迹比较理想，速度是两头慢，中间快，锁模力是两头大，中间小，3) 刚性好，锁模可靠，有较大的备用锁模力。4) 操作安全可靠。5) 锁模参数经优化设计，开锁模动作更快捷平稳。

不足之处：不能成型深孔制品，数控调模复杂，合模力重复精度不高，对模具平行度要求高。

（三）、液压部分

液压系统是将机械能转化为液压压力能，然后进行传输和控制，最后再转变为机械能。

1、液压系统一般由下列要素组成：

动力元件：油泵。把机械能转化为液压能。

控制元件：各类阀。按工作需要使工作液以一定的方向、压力和流量送往各执行机构。

执行元件：油缸或马达。将液压能转换为机械能。

辅助元件：油管、油箱、滤清器、蓄能器。分别起输油、贮油、过滤、贮存压力能等作用。

工作介质：液压油。通过它进行能量的转换、传递和控制。

2、液压油的污染与防控：

污染原因有：外部原因和内部原因。外部原因指固体的杂质、水分、其他油类及空气进入系统。内部原因是指除原有新油液带来的污染外，使用过程中相对运动零件的磨损和液压油物理化学性能的变化。

（四）、注塑机操作过程的安全注意事项

养成良好的注塑机操作习惯对提高机器寿命和生产安全都大有好处。

1、开机之前

（1）检查电器控制箱内是否有水、油进入，若电器受潮，切勿开机。应由维修人员将电器零件吹干后再开机。

（2）检查供电电压是否符合，一般不应超过 $\pm 15\%$ 。

（3）检查急停开关，前后安全门开关是否正常。验证电动机与油泵的转动方向是否一致。

（4）检查各冷却管道是否畅通，并对油冷却器和机筒端部的冷却水套通入冷却水。

（5）检查各活动部位是否有润滑油（脂），并加足润滑油。

（6）打开电热，对机筒各段进行加温。当各段温度达到要求时，再保温一段时间，以使机器温度趋于稳定。保温时间根据不同设备和塑料原料的要求而有所不同。

（7）在料斗内加足足够的塑料。根据注塑不同塑料的要求，有些原料最好先经过干燥。

（8）要盖好机筒上的隔热罩，这样可以节省电能，又可以延长电热圈和电流接触器的寿命。

2、操作过程中

（1）不要为贪图方便，随意取消安全门的作用。

（2）注意观察压力油的温度，油温不要超出规定的范围。液压油的理想工作温度应保持在 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间，一般在 $35\sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内比较合适。

（3）注意调整各行程限位开关，避免机器在动作时产生撞击。

3、工作结束时

（1）停机前，应将机筒内的塑料清理干净，预防剩料氧化或长期受热分解。

（2）应将模具打开，使肘杆机构长时间处于闭锁状态。

（3）车间必须备有起吊设备。装拆模具等笨重部件时应十分小心，以确保生产安全。

（五）、注塑成型条件控制

注塑成型是一门工程技术，它所涉及的内容是将塑料转变为有用并能保持原有性能的制品。注射成型的重要工艺条件是影响塑化流动和冷却的温度，压力和相应的各个作用时间。

A、温度控制

1、**料筒温度**：注射模塑过程需要控制的温度有料筒温度，喷嘴温度和模具温度等。前两种温度主要影响塑料的塑化和流动，而后一种温度主要是影响塑料的流动和冷却。每一种塑料都具有不同的流动温度，同一种塑料，由于来源或牌号不同，其流动温度及分解温度是有差别的。

2、**喷嘴温度**：喷嘴温度通常是略低于料筒最高温度的，这是为了防止熔料在直通式喷嘴可能发生的“流涎现象”。喷嘴温度也不能过低，否则将会造成熔料的早凝而将喷嘴堵死，或者由于早凝料注入模腔而影响制品的性能。

3、**模具温度**：模具温度对制品的内在性能和表观质量影响很大。模具温度的高低决定于塑料结晶性的有无、制品的尺寸与结构、性能要求，以及其它工艺条件（熔料温度、注射速度及注射压力、模塑周期等）。

B、压力控制：

注塑过程中压力包括塑化压力和注射压力两种，并直接影响塑料的塑化和制品质量。

1、**塑化压力**：（背压）采用螺杆式注射机时，螺杆顶部熔料在螺杆转动后退时所受到的压力称为塑化压力，亦称背压。这种压力的大小是可以通过液压系统中的溢流阀来调整的。在注射中，塑化压力的大小是随螺杆的转速都不变，则增加塑化压力时即会提高熔体的温度，但会减小塑化的速度。此外，增加塑化压力常能使熔体的温度均匀，色料的混合均匀和排出熔体中的气体。一般操作中，塑化压力的决定应在保证制品质量优良的前提下越低越好，其具体数值是随所用的塑料的品种而异的，但通常很少超过 20 公斤/平方厘米。

2、**注射压力**：在当前生产中，几乎所有的注射机的注射压力都是以柱塞或螺杆顶部对塑料所施的压力（由油路压力换算来的）为准的。注射压力在注塑成型中所起的作用是，克服塑料从料筒流向型腔的流动阻力，给予熔料充模的速率以及对熔料进行压实。

C、成型周期

完成一次注射模塑过程所需的时间称成型周期，成型周期直接影响劳动生产率和设备利用率。成型周期由以下组成：开模时间、合模时间、注射时间和脱模时间等。

5.2.7 ABS 塑料注塑参数输入练习

(1) **ABS 塑料的干燥**: ABS 原料要控制水分在 0.13 % 以下。注塑前的干燥条件是: 干冬季节在 75~80 °C 以下, 干燥 2~3h, 夏季雨水天在 80~90 °C 下, 干燥 4~8h, 如制件要达到特别优良的光泽或制件本身复杂, 干燥时间更长, 达 8~16h。

(2) **注射温度**: ABS 塑料的温度与熔融粘度的关系有别于其他无定型塑料。在熔化过程温度升高时, 其熔融实际上降低很小, 但一旦达到塑化温度(适宜加工的温度范围, 如 220~250 °C), 如果继续盲目升温, 必将导致耐热性不太高的 ABS 的热降解反而使熔融粘度增大, 注塑更困难, 制件的机械性能也下降。螺杆机, 炉温维持在 160~220 °C。

(3) **注射压力**: ABS 熔融件的粘度比聚苯乙烯或改性聚苯乙烯高, 所以在注射时采用较高的注射压力。当然并非所有 ABS 制件都要施用高压, 对小型、构造简单、厚度大的制件可以用较低的注射压力。注射过程中, 浇口封闭瞬间型腔内的压力大小往往决定了制件的表面质量及银丝状缺陷的程度。压力过小, 塑料收缩大, 与型腔表面脱离接触的机会大, 制件表面雾化。压力过大, 塑料与型腔表面摩擦作用强烈, 容易造成粘模。

(4) **注射速度**: ABS 料采用中等注射速度效果较好。当注射速度过快时, 塑料易烧焦或分解析出气化物, 从而在制件上出现熔接缝、光泽差及浇口附近塑料发红等缺陷。但在生产薄壁及复杂制件时, 还是要保证有足够高的注射速度, 否则难以充满。

(5) **模具温度**: ABS 的成型温度相对较高, 模具温度也相对较高。一般调节模温为 75~85 °C, 当生产具有较大投影面积制件时, 定模温度要求 70~80 °C, 动模温度要求 50~60 °C。在注射较大的、构形复杂的、薄壁的制件时, 应考虑专门对模具加热。为了缩短生产周期, 维持模具温度的相对稳定, 在制件取出后, 可采用冷水浴、热水浴或其他机械定型法来补偿原来在型腔内冷固定型的时间。

(6) **料量控制**: 一般注塑机注 ABS 塑料时, 其每次注射量仅达标准注射量的 75 %。为了提高制件质量及尺寸稳定, 表面光泽、色调的均匀, 要求注射量为标定注射量的 50 %为宜。