

第 8 章 典型零件加工

机器中的零件有各种不同的类型,制造时要针对其具体特征采用适当的加工工艺。本章将对典型轴类零件、套筒类零件及箱体类零件的结构特点、技术要求、主要工艺问题及加工工艺过程进行综合分析。

8.1 轴类零件加工

8.1.1 轴类零件加工概述

1. 轴类零件的功能和结构特点

轴类零件主要用于支承齿轮、带轮、链轮、联轴器、离合器等零件,以传递运动和动力。它是机械加工中常见的典型零件之一。按结构形式不同,轴类零件一般可分为光轴、阶梯轴、偏心轴、空心轴、花键轴、曲轴、半轴、十字轴、凹轮轴以及各种丝杠等,如图 8-1 所示。

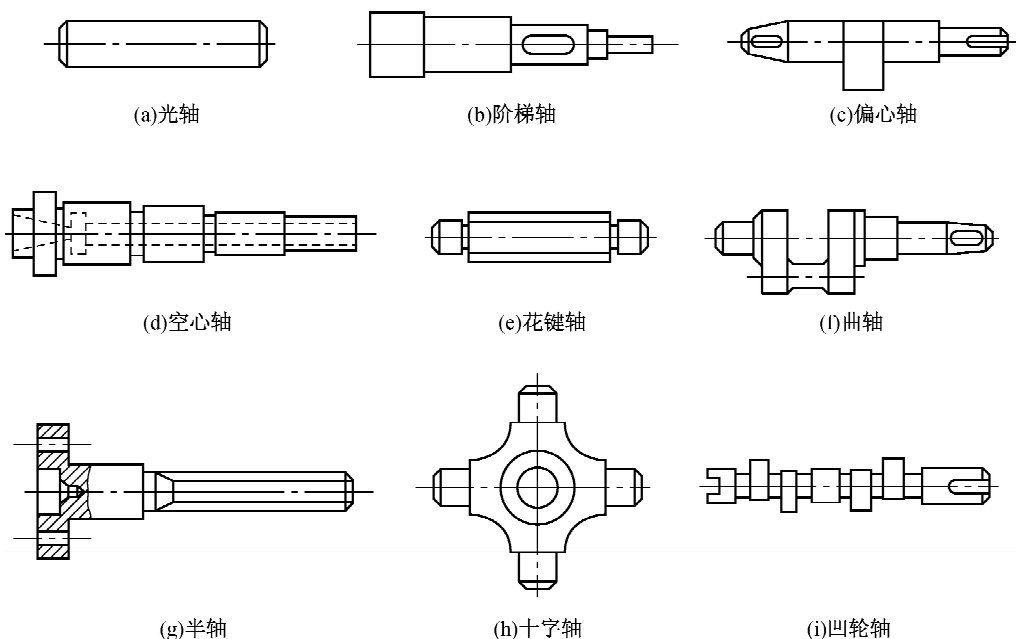


图 8-1 轴的种类

轴类零件是旋转体零件,其长度大于直径,主要加工表面通常有内外圆柱面、内外圆锥面,次要加工表面通常有键槽、螺纹、沟槽、横向孔等。

2. 轴类零件的主要技术要求

根据功用和工作条件不同,轴类零件主要技术要求包括尺寸精度、几何形状精度、相互位置精度和表面粗糙度。

1) 尺寸精度

尺寸精度主要指轴的直径尺寸精度和长度尺寸精度。轴颈是轴类零件的重要表面,它影响轴的回转精度,可分为两类:一类是与轴承内圈配合的外圆轴颈,即支承轴颈,用于确定轴的位置并支承轴,这类轴颈尺寸精度要求较高,通常为 IT7~IT5;另一类是与各类传动件配合的轴颈,即配合轴颈,这类轴颈尺寸精度要求稍低,通常为 IT9~IT8。轴的长度尺寸精度一般要求较低。

2) 几何形状精度

几何形状精度主要指轴颈的圆度、圆柱度,其误差一般应限制在轴的直径公差范围内。对于精密轴,需在零件图上另行规定其几何形状精度。

3) 相互位置精度

相互位置精度主要指配合轴颈对支承轴颈的同轴度、重要端面对轴心线的垂直度、端面间的平行度等。配合轴颈对支承轴颈的同轴度通常用径向圆跳动来标注,普通精度轴的径向圆跳动公差为 0.01~0.03 mm,高精度轴的径向圆跳动公差为 0.001~0.005 mm。

4) 表面粗糙度

根据轴类零件表面工作部位的不同,可有不同的表面粗糙度,支承轴颈的表面粗糙度为 $Ra1.6\sim0.2\ \mu\text{m}$,配合轴颈的表面粗糙度为 $Ra3.2\sim0.8\ \mu\text{m}$ 。

3. 轴类零件的材料、热处理及毛坯

1) 轴类零件的材料及热处理

轴类零件应根据不同的工作情况选择不同的材料及热处理方法。一般轴类零件常用 45 钢,经正火、调质及部分表面淬火等热处理;对中等精度而转速较高的轴可选用 40Cr 等合金钢,经调质和表面淬火处理;对高转速、重载的轴可选用 20CrMnTi、20Mn2B、20Cr 等低碳合金钢,或 27Cr2Mo1V、38CrMoAl 中碳合金氮化钢、低碳合金钢,经渗碳淬火处理;不重要或受力较小的轴可采用 Q237、Q275 等普通碳素钢;形状复杂的轴(如曲轴、凸轮轴等)可采用球墨铸铁。

2) 轴类零件的毛坯

轴类零件的毛坯常采用圆棒料、锻件和铸件等毛坯形式。一般光轴或外圆直径相差不大的阶梯轴可采用圆棒料;由于毛坯经锻造后,可获得较高的抗拉、抗弯及抗扭强度,因而对外圆直径相差较大或较重要的轴大都采用锻件;对某些大型的或结构复杂的轴(如曲轴),在质量允许时才采用铸件(铸钢或球墨铸铁)。

8.1.2 轴类零件加工工艺分析

轴类零件的加工工艺因其用途、结构形状、技术要求、产量大小的不同而有差异。在轴类零件的加工中,主要问题是如何保证各加工表面的尺寸精度、主要表面之间的相互位置精

度及表面粗糙度。

1. 定位基准的选择

轴类零件定位基准的选择原则如下：

(1)一般以重要的外圆表面作为粗基准定位加工出中心孔,再以轴两端的中心孔为定位精基准。轴类零件的定位基准最常用的是两中心孔。因为轴的各外圆表面、锥孔螺纹等表面的设计基准都是轴心线,所以用两中心孔定位是符合基准重合原则的。而且由于多数工序采用中心孔定位,因而能够最大限度地在这次装夹中加工出多个外圆和端面,这符合基准统一原则。

(2)用两中心孔定位虽然定位精度高,但刚性差,尤其是加工质量大的工件时不够稳固。在粗加工外圆时,为提高工件刚度,可采用轴的外圆表面作为定位基面,或以轴的外圆表面和中心孔同时作为定位基准(一夹一顶)来加工。

(3)对于空心的轴类零件,在钻出通孔后,作为定位基准的中心孔已消失。为了在通孔加工后还能使用中心孔作为定位基准,工艺上常采用带中心孔的锥堵或锥度心轴,如图 8-2 所示。当锥孔的锥度较小时(如车床主轴的 1:20 锥孔和莫氏 6 号锥孔),采用锥堵;当锥孔的锥度较大或中心孔为圆柱孔时,采用锥度心轴。

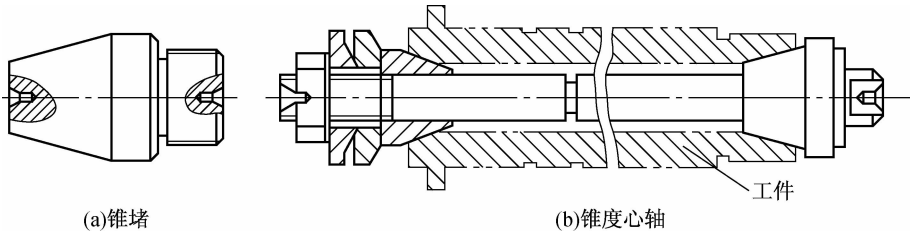


图 8-2 锥堵与锥度心轴

2. 加工方法的选择

1) 外圆表面的加工

轴类零件外圆表面的加工主要采用车削,分为粗车、半精车和精车三个阶段。粗车的目的是切去毛坯硬皮和切除大部分加工余量;半精车可作为中等精度表面的终加工,也可作为精车的预加工及修整热处理后的变形;精车可保证达到加工要求或为磨削加工做准备,精度要求高的外圆表面,精加工都是用磨削的方法,但是有色金属的精加工不采用磨削而用精细车。

2) 空心轴深孔(长径比大于 5 的孔)的加工

单件、小批量生产时,空心轴深孔一般在卧式车床上用接长的麻花钻加工;大批量生产时,空心轴深孔用深孔钻床及深孔钻头加工。

3) 轴端两顶尖孔的加工

单件、小批量生产时,轴端两顶尖孔常在车床或钻床上通过划线找正法加工;大批量生产时,轴端两顶尖孔可在中心孔钻床上加工。此外,专用机床可在同一工序中铣出轴的两端面并加工出顶尖孔。

4) 螺纹的加工

加工螺纹的方法主要包括车削螺纹(单件、小批量生产)、铣削螺纹(大批量生产)、滚压

螺纹(大量生产)和磨削螺纹(精密加工)。

5) 花键轴的加工

单件、小批量生产时,花键轴常在卧式铣床上用分度头分度以圆盘铣刀铣削加工;大批量生产时,花键轴广泛采用花键滚刀在专用花键轴铣床上加工。

3. 安排热处理工序

轴类零件的热处理工序一般包括毛坯热处理、预备热处理和最终热处理三个阶段。

1) 毛坯热处理

轴类零件的毛坯热处理一般采用正火,其目的是消除锻造应力,细化晶粒,并使金属组织均匀,以利于切削加工。

2) 预备热处理

在粗加工后、半精加工前安排调质处理,目的是获得均匀细密的回火索氏体组织,以提高工件的综合力学性能。

3) 最终热处理

轴类零件的某些重要表面需经表面淬火,一般安排在精加工前,这样可以纠正因淬火引起的局部变形。

4. 中心孔的修磨

因为轴类零件的定位精基准最常用的是两端的中心孔,中心孔的质量好坏对加工精度影响很大,所以经常注意保持两端中心孔的质量是轴类零件加工的关键问题之一。中心孔的修磨是提高中心孔质量的主要手段。中心孔修磨次数越多,其精度越高,并应逐次加以提高。修磨可在车床和钻床上用油石或铸铁顶尖、橡胶轮进行。

5. 常用加工顺序

轴类零件的加工工艺路线主要是考虑外圆表面的加工顺序,并将次要表面的加工和热处理合理地穿插在其中。轴类零件生产中常用的加工顺序有下列三种情况。

1) 一般精度调质钢的轴类零件加工

一般精度调质钢的轴类零件加工顺序为备料—锻造—正火—切端面、钻中心孔—粗车—调质—半精车、精车—表面淬火、回火—粗磨—次要表面加工—精磨。

2) 一般渗碳钢的轴类零件加工

一般渗碳钢的轴类零件加工顺序为备料—锻造—正火—切端面、钻中心孔—粗车—半精车、精车—渗碳淬火、回火—粗磨—次要表面加工—精磨。

3) 整体淬火的轴类零件加工

整体淬火的轴类零件加工顺序为备料—锻造—正火—切端面、钻中心孔—粗车—调质—半精车、精车—次要表面加工—整体淬火、回火—粗磨—实效处理—精磨。

8.1.3 轴类零件加工实例

车床主轴是轴类零件中结构最复杂、质量要求最高的零件,如图 8-3 所示为车床主轴的零件图。该主轴呈阶梯状,加工表面有外圆表面(支承轴颈、配合轴颈)、键槽、花键、螺纹、通孔、锥孔、锥面等。

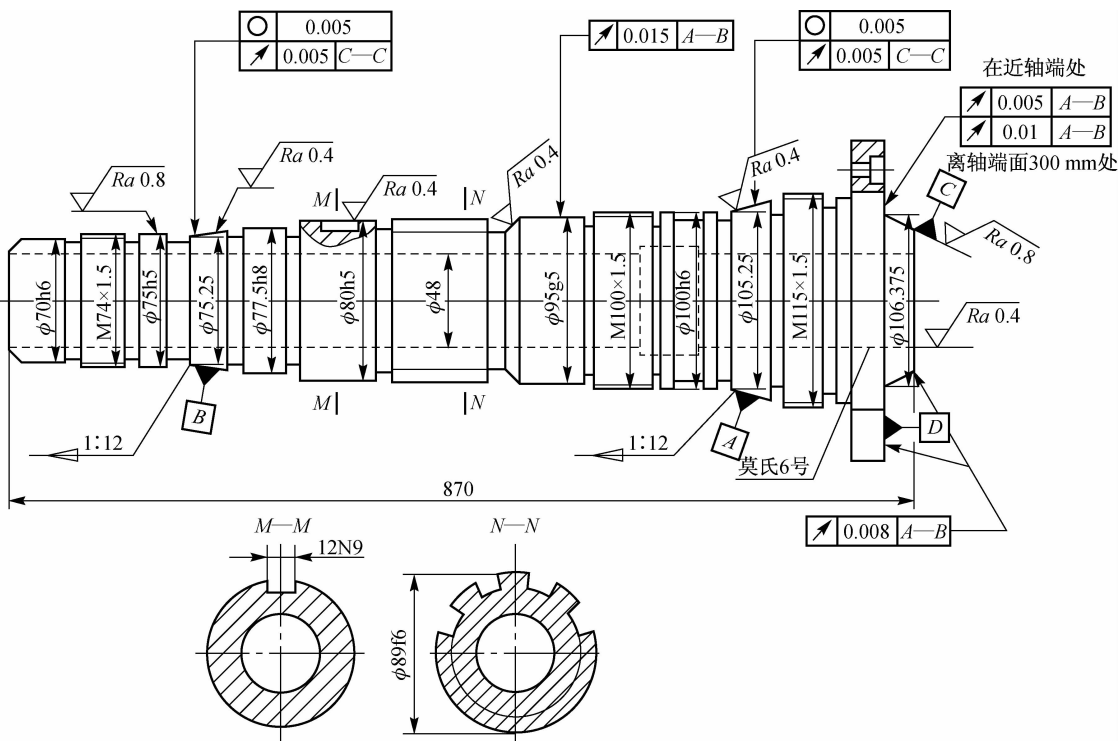


图 8-3 车床主轴的零件图

1. 车床主轴的技术要求

1) 支承轴颈

支承轴颈用来安装及支承轴承,是主轴部件的装配基面,它的制造精度对主轴部件的回转精度影响极大。

主轴的两个支承轴颈 A、B,它们的圆度公差均为 0.005 mm,对轴心线的径向圆跳动公差均为 0.005 mm。A、B 两支承轴颈采用锥面结构,其锥面接触率大于 70%,表面粗糙度为 $Ra0.4 \mu\text{m}$,尺寸精度为 IT5。

2) 配合轴颈

配合轴颈用来安装传动齿轮,它对支承轴颈应有一定的同轴度要求,否则会引起传动齿轮啮合不良,还会产生震动和噪声。它对支承轴颈 A、B 的径向圆跳动公差为 0.015 mm。

3) 端部锥孔

主轴大端的端部锥孔(莫氏 6 号)是用来安装顶尖或刀具锥柄的,其轴线必须与支承轴颈的轴线严格同轴,否则会造成夹具和刀具的安装误差,从而影响工件的加工精度。

端部锥孔对支承轴颈 A、B 在近轴端处的径向圆跳动公差为 0.005 mm,离轴端面 300 mm 处的径向圆跳动公差为 0.01 mm,锥面接触率大于 70%,表面粗糙度为 $Ra0.4 \mu\text{m}$,硬度要求为 45~50 HRC。

前端锥孔是因工艺需要的辅助工艺锥面,以便在此插入带中心孔的工艺锥堵,为钻出深孔以后的工序准备定位基准。

4) 轴头短锥面和端面

轴头短锥面 C 和端面 D 是安装卡盘的定位面, 为保证卡盘的定心精度, 轴头短锥面应与支承轴颈同轴, 而端面应与主轴的回转中心垂直。

轴头短锥面 C 对支承轴颈 A 、 B 的径向圆跳动公差为 0.008 mm , 表面粗糙度为 $Ra0.8 \mu\text{m}$, 端面 D 对支承轴颈 A 、 B 的端面圆跳动公差为 0.008 mm 。

5) 螺纹

主轴上的螺纹一般用来固定零件或调整轴承间隙。螺纹的精度要求是限制压紧螺母端面跳动量所必需的。当压紧螺母的端面跳动量过大时, 会使被压紧的轴承内圈的轴心线倾斜, 引起主轴的径向圆跳动。主轴螺纹的精度一般为 $IT6$ 。

根据以上分析, 主轴的主要加工表面为两个支承轴颈、锥孔、轴头短锥面和端面以及安装齿轮的各个轴颈。

2. 车床主轴的加工工艺过程

通过对车床主轴的结构特点与技术要求的分析, 结合生产批量、设备条件等因素来考虑车床主轴的加工工艺过程。当生产类型为大批量生产、材料为 45 钢、毛坯为锻件时, 车床主轴的加工工艺过程见表 8-1。

表 8-1 车床主轴的加工工艺过程

工 序 号	工序名称	定位基准	加工设备
1	备料	—	—
2	锻造	—	—
3	热处理(正火)	—	—
4	锯头, 切平锻件两端面	—	锯床
5	铣端面、钻中心孔	毛坯外圆	可以铣端面、钻中心孔的机床
6	粗车各外圆表面	中心孔	普通车床
7	热处理, 调质 $220 \sim 240 \text{ HBS}$	—	—
8	半精车大端各部分	中心孔	卧式车床
9	半精车小端各部分	中心孔	仿形车床
10	钻 $\phi 48 \text{ mm}$ 深孔	前、后支承轴颈及小头端面	深孔钻床
11	车小端内锥孔	前、后支承轴颈	卧式车床
12	车大端内锥孔(配莫氏 6 号锥堵)、车轴头短锥面和端面	前、后支承轴颈	卧式车床
13	钻、铰大端面各孔	大端内锥孔和端面	立式钻床
14	热处理, 局部高频淬火	—	—
15	精车各外圆表面并车槽	两锥堵中心孔	数控车床
16	粗磨各外圆表面	两锥堵中心孔	外圆磨床
17	粗磨大端莫氏 6 号内锥孔	前、后支承轴颈	内圆磨床

续表

工序号	工序名称	定位基准	加工设备
18	粗、精铣花键	两锥堵中心孔	花键铣床
19	粗、精铣键槽	该键槽外圆	普通铣床
20	车大端内侧面及车螺纹	两锥堵中心孔	—
21	精磨各外圆表面	两锥堵中心孔	外圆磨床
22	粗磨支承轴颈外锥面和轴头短锥面	两锥堵中心孔	专用组合磨床
23	精磨支承轴颈外锥面和轴头短锥面	两锥堵中心孔	专用组合磨床
24	半精磨莫氏 6 号内锥孔	前、后支承轴颈	主轴锥孔磨床
25	精磨莫氏 6 号内锥孔	前、后支承轴颈	主轴锥孔磨床
26	钳工,去锐边、毛刺	—	—
27	按图样要求项目进行检查	—	—

1) 主轴毛坯

主轴毛坯形式有圆棒料和锻件。前者适用于单件、小批量生产,尤其适用于光轴和外圆直径相差不大的阶梯轴;后者适用于大批量生产。本例车床主轴是阶梯轴,要进行大批量生产,因此,采用锻件。

2) 主轴材料和热处理

本例车床主轴采用 45 钢。在主轴加工的过程中,应安排足够的热处理工序以保证主轴的力学性能及加工精度的要求,并改善工件的切削加工性能。

主轴毛坯锻造后应安排正火处理,以消除锻造应力,细化晶粒,控制毛坯硬度,改善切削加工性;粗加工后应安排调质处理,以提高主轴的综合力学性能,并为最终热处理准备良好的金相组织;半精加工后应安排表面淬火处理,以提高主轴的耐磨性。

3) 定位基准

在空心主轴加工过程中,通常采用外圆表面和中心孔互为基准进行加工。工艺过程一开始,就以外圆表面作为粗基准铣端面、钻中心孔,为粗车外圆准备了定位基准;再以中心孔为精基准加工外圆表面。此后,在深孔加工时,以加工后的支承轴颈为精基准。在深孔加工完成后,先加工好前后锥孔,以便安装带中心孔的锥堵,以锥堵定位精加工各外圆表面。由于支承轴颈是磨锥孔的定位基准,因而磨锥孔前必须磨好支承轴颈表面。

4) 加工阶段的划分

车床主轴加工基本上划分为以下三个阶段:

(1)粗加工阶段。调质以前的工序为粗加工阶段。其主要包括毛坯处理(备料、锻造和热处理)和粗加工(铣端面、钻中心孔和粗车各外圆表面等)。

(2)半精加工阶段。调质以后到局部高频淬火前的工序为半精加工阶段。其主要包括半精车外圆及端面、钻深孔、车工艺锥面(定位锥孔)以及钻、铰大端面各孔等。

(3)精加工阶段。局部高频淬火以后的工序为精加工阶段。其主要包括粗磨各外圆表面、粗磨大端莫氏 6 号内锥孔、铣花键和键槽、车螺纹,而要求较高的支承轴颈和莫氏 6 号内锥孔的精加工则放在最后进行。

可以看出,车床主轴加工阶段的划分大体以热处理为界。整个车床主轴加工工艺过程,就是以主要表面(支承轴颈和锥孔)的粗加工、半精加工、精加工为主线,适当插入其他表面的加工工序而组成的。

5)加工顺序的安排

在安排车床主轴加工顺序时,应注意以下几点:

(1)各外圆表面的加工顺序。加工各外圆表面时,应先加工大直径后加工小直径,以免一开始就降低了工件的刚度。

(2)深孔加工。深孔加工应安排在调质处理以后进行,以免调质处理使深孔变形;深孔加工要切除大量金属,加工过程会引起主轴变形;深孔加工应安排在粗车或半精车以后,以便加工时有一个较精确的支承轴颈作为定位基准。

(3)花键和键槽的加工。花键和键槽的加工一般都安排在各外圆表面精车或粗磨后、精磨各外圆表面前进行。如在精车前就铣出键槽,将会造成断续车削,影响加工质量和刀具使用寿命。但对这些表面的加工也不宜安排在主要表面最终加工工序后进行,以免破坏主要表面已有的精度。

(4)螺纹的加工。车床主轴的螺纹对支承轴颈有一定的同轴度要求。若安排在淬火前加工,则淬火后产生的变形会影响螺纹和支承轴颈的同轴度误差,因此,车螺纹应放在局部高频淬火后的精加工阶段进行。

(5)加工检验。车床主轴是加工要求很高的零件,需安排多次检验工序。检验工序一般安排在各加工阶段前后,以及重要工序前后,总检验则放在最后。

轴类零件各表面的加工顺序,按照先粗后精、先主后次、先基准后其他(即先行工序必须为后续工序准备好定位基准)的工艺原则,车床主轴工序的安排大致为毛坯制造—正火—铣端面、钻中心孔—粗车—调质—半精车—局部高频淬火—精车—粗、精磨各外圆表面—磨内锥孔。

3. 车床主轴加工中的几个工艺问题

1)锥堵的使用

使用锥堵时应注意:锥堵装上以后,直到磨内锥孔工序才能拆下,一般不允许中途更换或拆装,以免增加安装误差。

2)外圆表面的车削加工

车床主轴加工工艺中,提高生产率是车削加工的主要问题之一。在不同批量的生产条件下,车削主轴采用不同的设备:单件、小批量生产采用普通卧式车床;成批生产多采用带液压仿形刀架的车床或液压仿形车床;大批量生产则采用液压仿形车床或多刀半自动车床。

3)主轴深孔的加工

车床主轴的通孔属于深孔。深孔加工比一般孔加工要困难和复杂,具体有以下几方面原因:

(1)刀具细长,刚性差。

(2)排屑困难。

(3)冷却困难,散热条件差。

在实际生产中一般采取下列措施来改善深孔加工的不利因素:

- (1)使用深孔钻头。
- (2)用工件旋转、刀具进给的加工方法。
- (3)在工件上预先加工出一段精确的导向孔。
- (4)采用压力输送切削润滑油,并利用压力下的切削润滑油排出切屑,如图 8-4 所示。

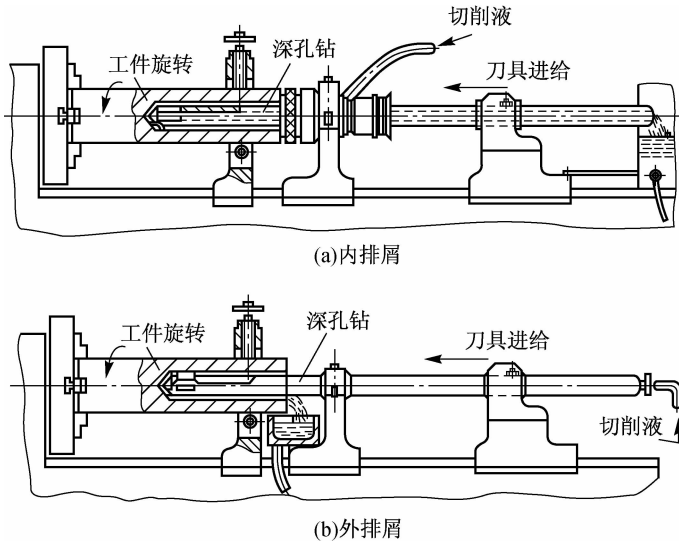


图 8-4 深孔加工原理简图

4) 主轴锥孔的加工

莫氏 6 号内锥孔、支承轴颈外锥面和轴头短锥面的同轴度要求高,径向圆跳动是一项重要的精度指标。磨削莫氏 6 号内锥孔应根据互为基准的原则,一般以前、后支承轴颈作为定位基准,因此,在莫氏 6 号内锥孔前,应使作为定位基准的前、后支承轴颈达到一定的精度。磨削莫氏 6 号内锥孔有以下三种安装方法:

(1)将前支承轴颈安装在中心架上,后支承轴颈夹在磨床床头的卡盘内。磨削时严格校正两支承轴颈,前端调节中心架,后端在卡爪和轴颈间垫薄纸来调整。这种方法调整时间长,生产率低,但不需要专用夹具,因此,常用于单件、小批量生产。

(2)将前、后支承轴颈都安装在两个中心架上,用千分表校正中心架位置。工件通过弹性联轴器或万向接头与磨床床头连接。这种方法可保证前、后支承轴颈的定位精度,但由于调整中心架费时且质量不稳定,因而一般只在生产规模不大时使用。

(3)在成批生产中,大都采用专用夹具作精磨,如图 8-5 所示。夹具由底座、支架及浮动夹头三部分组成,两个支架固定在底座上,作为工件定位基准面的前、后支承轴颈放在支架的两个 V 形块上。V 形块镶有硬质合金,以提高耐磨性,并减少对前、后支承轴颈的划痕。工件的中心和磨床砂轮轴的中心等高。后端的浮动夹头用锥柄装在磨床主轴的锥孔内,工件尾端插在弹性套内,用弹簧将浮动夹头外壳与工件向左拉,通过钢球压向镶有硬质合金的锥柄端面,限制工件的轴向窜动。浮动夹头仅通过拨盘及拨销使工件旋转,而工件主轴与磨床主轴间无刚性连接,工件的回转中心线由专用夹具决定,不会受磨床主轴回转误差的影响。

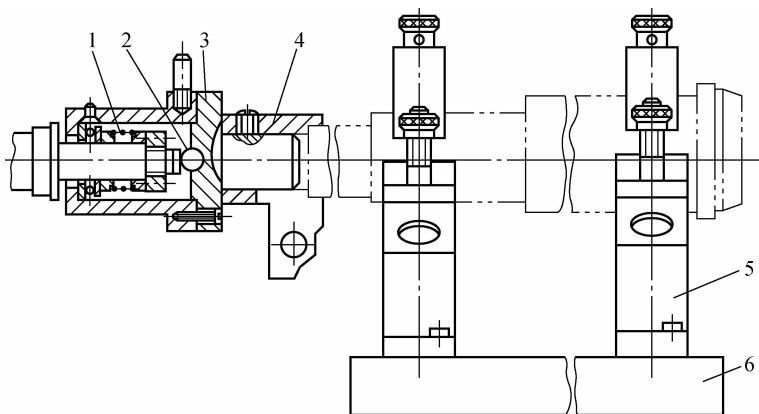


图 8-5 精磨莫氏 6 号内锥孔的专用夹具

1—弹簧；2—钢球；3—浮动夹头；4—弹性套；5—支架；6—底座

5) 主轴的检验

轴类零件在加工过程中和加工结束后都要按工艺规程的要求进行检验,检验项目包括硬度、表面粗糙度、尺寸精度、形状精度、内锥孔的接触精度和位置精度。

(1) 检验硬度。在热处理后用硬度计抽检或全检。

(2) 检验表面粗糙度。表面粗糙度一般用样块比较法检验。

(3) 检验尺寸精度。在单件、小批量生产中,一般用千分尺检验轴的直径;在大批量生产中,常采用极限卡规抽检轴的直径。轴的长度可用游标卡尺、深度游标卡尺等检验。

(4) 检验形状精度。轴类零件的形状精度包括圆度误差和圆柱度误差两个方面,可用千分尺测量直径的方法检测。

(5) 检验内锥孔的接触精度。内锥孔的接触精度应用专用锥度量规涂色检验,要求接触面积在 70% 以上,且分布均匀。

(6) 检验内锥孔的位置精度。检验内锥孔的位置精度多采用专用检具,如图 8-6 所示为车床主轴的位置精度检验示意图。

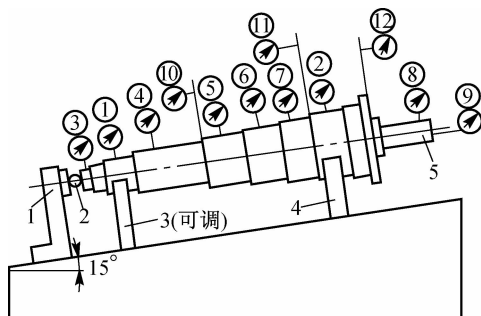


图 8-6 车床主轴的位置精度检验示意图

1—挡铁；2—钢球；3、4—V 形架；5—检验心棒

检验时,将轴的前、后支承轴颈放在同一平板上的两个 V 形架上,在轴的一端用挡铁、钢球和工艺锥堵挡住,限制其沿轴向移动。测量时先用千分表①和②调整轴的中心线,使它与

测量平面平行。测量平面的倾斜角一般为 15° ，使轴靠自重压向钢球而紧密接触。

测量时，均匀转动轴，图 8-6 中各千分表的功用为：千分表③、④、⑤、⑥、⑦用来测量各处轴颈相对于支承轴颈的径向圆跳动，千分表⑧用来检验内锥孔相对于支承轴颈的同轴度误差，千分表⑨用来测量主轴的轴向窜动，千分表⑩、⑪、⑫用来检验端面圆跳动。

8.2 套筒类零件加工

8.2.1 套筒类零件加工概述

1. 套筒类零件的功能和结构特点

套筒类零件是指回转体零件中的空心薄壁件，是机械加工中常见的一种零件，在各类机器中应用很广。它主要起支承或导向作用。常见的套筒类零件有支承回转轴的各种形式的滑动轴承套、夹具中的钻套、内燃机汽缸套、液压系统中的液压缸等，如图 8-7 所示。

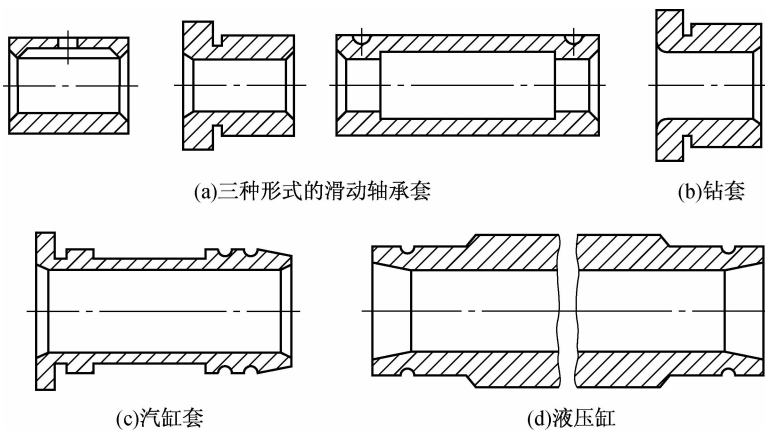


图 8-7 常见的套筒类零件

由于作用不同，套筒类零件的形状结构和尺寸有着较大的差异，但其结构仍有共同点，即零件结构不太复杂，主要表面为同轴度要求较高的内、外旋转表面，零件壁的厚度较薄，容易变形，零件尺寸大小各异，但长度一般大于直径（长径比大于 5 的深孔比较多）。

2. 套筒类零件的主要技术要求

套筒类零件的主要表面是内孔和外圆，其主要技术要求如下。

1) 内孔的技术要求

内孔是套筒类零件起支承和导向作用最主要的表面，通常与运动着的轴、刀具或活塞相配合。内孔的直径尺寸精度等级一般为 IT7，精密套筒的内孔直径尺寸精度等级为 IT6；内孔的形状精度一般应控制在内孔直径公差以内，较精密的套筒应控制在内孔直径公差的 $1/3 \sim 1/2$ ，甚至更小。长套筒除了圆度要求外，还对内孔的圆柱度有要求。为保证耐磨性要求，套筒类零件的内孔表面粗糙度为 $Ra1.6 \sim 0.16 \mu\text{m}$ 。此外，某些精密套筒的内孔精度要求更高，其表面粗糙度可达 $Ra0.04 \mu\text{m}$ 。

2) 外圆的技术要求

外圆表面是套筒类零件的支承面,常以过渡或过盈配合与箱体或机座上的孔相配合。外圆的直径尺寸精度等级一般为 IT7~IT6,形状精度应控制在外圆直径公差以内,表面粗糙度为 $Ra3.2\sim0.63\ \mu\text{m}$ 。

3) 内孔对外圆的同轴度要求

如果内孔的最终加工是在装配后完成的,则可降低内孔对外圆的同轴度要求;如果内孔的最终加工是在装配前完成的,则内孔对外圆的同轴度要求较高,一般为 $0.01\sim0.05\ \text{mm}$ 。

4) 端面对内孔轴线的垂直度或端面圆跳动要求

套筒端面如果在工作中承受轴向载荷,或是作为定位基准、装配基准,则其对内孔轴线的垂直度或端面圆跳动要求较高,一般为 $0.01\sim0.05\ \text{mm}$ 。

3. 套筒类零件的材料、热处理及毛坯

1) 套筒类零件的材料

套筒类零件一般用钢、铸铁、青铜或黄铜和粉末冶金等材料制成。有些要求较高的滑动轴承套,采用双层金属结构,即应用离心铸造法在钢或铸铁轴套的内壁上浇注巴氏合金等轴承合金材料,用来提高轴承的使用寿命和节省贵重的有色金属。

2) 套筒类零件的热处理

套筒类零件在加工过程中都需要进行热处理,一般安排在粗加工前或粗加工后、精加工前,目的是消除内应力,改善力学性能和切削加工性能。套筒类零件的热处理方法有调质、渗碳淬火、表面淬火、高温时效及渗氮等。

3) 套筒类零件的毛坯

套筒类零件毛坯的选择与其材料、结构、尺寸及生产批量有关。内孔直径较小($d<20\ \text{mm}$)的套筒一般选择热轧或冷拉棒料,也可采用实心铸件;内孔直径较大的套筒,常选用无缝钢管或带孔铸件、锻件。小批量生产时,可选择型材、砂型铸件或自由锻件;大批量生产时,则应选择高效率、高精度毛坯,采用冷挤压和粉末冶金等先进的毛坯制造工艺。

8.2.2 套筒类零件加工工艺分析

1. 定位基准的选择

套筒类零件在实际加工时,一般安装在心轴上进行加工,即先加工孔,然后以孔定位安装在心轴上,再把心轴装在前后顶尖之间来加工外圆和端面。常用的心轴主要有锥度心轴和圆柱心轴两种。

1) 锥度心轴

工件压入后,靠摩擦力就可与锥度心轴固紧。锥度心轴对中性好,装夹方便,但不能承受较大的切削力,多用于外圆和端面的精车。

2) 圆柱心轴

工件装入圆柱心轴后需要加上垫圈,用螺母锁紧。其夹紧力较大,可用于较大直径零件外圆的半精车和精车。圆柱心轴和工件内孔的配合有一定间隙,对中性较锥度心轴差。

2. 加工方法的选择

套筒类零件外圆表面多采用车削加工,精度高时采用磨削加工。

套筒类零件内孔加工方法较多,有钻孔、车孔、扩孔、铰孔、镗孔、磨孔、拉孔、珩孔、研磨孔及滚压加工等。内孔加工方法的选择比较复杂,需要考虑生产批量、零件结构及尺寸、精度和表面质量的要求、长径比等因素,对于精度要求较高的内孔需要采用多种方法顺次进行加工。内孔加工方法的确定,可考虑以下原则:

(1)内孔的精度、表面质量要求不高时,可采用钻孔、扩孔、车孔、镗孔等。

(2)内孔的精度要求较高且直径较小时(小于 $\phi 50$ mm),可采用钻—扩—铰方案,其精度和生产率均较高。

(3)内孔的精度要求较高且直径较大时,多采用钻孔后镗孔或直接镗孔。

(4)内孔生产批量较大时,可采用拉孔。

(5)内孔有较高表面贴合要求时,可采用研磨孔。

(6)淬硬套筒零件多采用磨削孔。对于精密套筒还应增加对内孔的精密加工,如高精度磨削、珩磨、研磨等方法。

(7)加工有色金属等软材料时,可采用精镗(或金刚镗)。

3. 保证相互位置精度的方法

在机械加工中,套筒类零件的主要工艺问题是保证内孔与外圆的同轴度及端面与内孔轴线的垂直度要求和防止变形。要保证各表面间的相互位置精度,通常采用以下方法:

(1)在一次装夹中完成所有内孔与外圆表面及端面的加工。一般在卧式车床或立式车床上进行,精加工也可以在磨床上进行。此时,常用三爪卡盘或四爪卡盘装夹工件,分别如图 8-8(a)、(b)所示。这种安装方法可消除由于多次安装而带来的安装误差,保证零件内孔与外圆的同轴度及端面与内孔轴线的垂直度。但是这种安装方法由于工序比较集中,对尺寸较大(尤其是长径比较大)的套筒安装不方便,故多用于尺寸较小的套筒的车削加工。对于凸缘的短套筒,可先车凸缘端,然后掉头夹压凸缘端,这种安装方法可防止因套筒刚度降低而产生的变形,如图 8-8(c)所示。

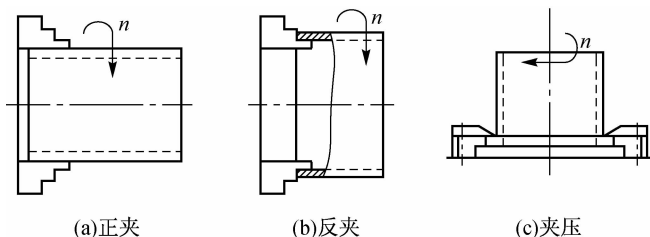


图 8-8 短套筒的安装

(2)全部加工分在几次装夹中进行,先加工孔,然后以孔作为定位基准加工外圆表面。用这种方法加工套筒,以精加工好的内孔作为精基准最终加工外圆。当以内孔为精基准加工外圆时,常用锥度心轴装夹工件,并用两顶尖支承心轴。由于锥度心轴结构简单,制造、安装误差较小,因而可以保证比较高的同轴度要求,是套筒加工中常见的装夹方法。

(3)全部加工分在几次装夹中进行,先加工外圆,然后以外圆表面作为定位基准加工内

孔。用这种方法加工套筒,以精加工好的外圆作为精基准最终加工内孔。采用这种方法装夹工件迅速可靠,但因卡盘定心精度不高,易使套筒产生夹紧变形,故加工后工件的形状与位置精度较低。为获得较高的同轴度,必须采用定心精度高的夹具,如弹性膜片卡盘、液性塑料夹具、经过修磨的三爪自定心卡盘和软爪等。较长的套筒一般多采用这种加工方法。

在实际生产中,一般以内孔与外圆互为基准、多次装夹、反复加工来提高同轴度。

4. 防止套筒变形的措施

套筒类零件由于壁薄,加工中常因夹紧力、切削力、内应力和切削热的作用而产生变形。需要热处理的薄壁套筒,如果热处理工序安排不当,也会造成不可校正的变形。防止套筒的变形可以采取如下措施。

1) 减小切削力和切削热对套筒变形的影响

减小切削力和切削热对套筒变形影响的措施如下:

- (1) 粗、精加工应分开进行,并应严格控制精加工的切削用量,以减小零件加工时的变形。
- (2) 内、外表面同时加工,使径向力相互抵消,如图 8-9 所示。
- (3) 减小径向力,通常可增大刀具的主偏角。
- (4) 在粗、精加工之间应留有充分的冷却时间,并在加工时注入足够的切削液。

2) 减小夹紧力对套筒变形的影响

减小夹紧力对套筒变形影响的措施如下:

- (1) 改变夹紧力的方向,即将径向夹紧改为轴向夹紧,如采用工艺螺纹来装夹工件或工件靠螺母端面来轴向夹紧,如图 8-10 所示。

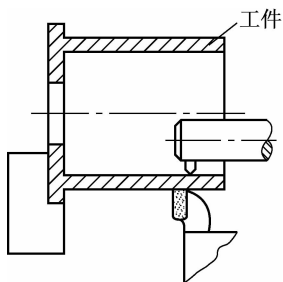


图 8-9 内、外表面同时加工

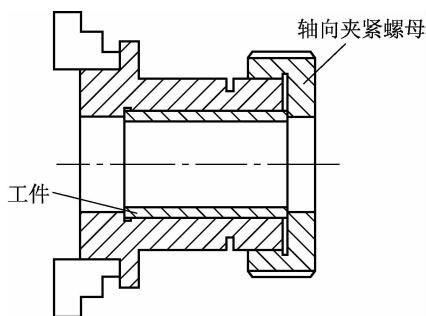


图 8-10 轴向夹紧图

- (2) 当需要径向夹紧时,应尽可能使径向夹紧力沿圆周均匀分布,如使用过渡套、弹性薄膜卡盘、软爪等夹具夹紧工件。

3) 减小热处理对套筒变形的影响

热处理工序应置于粗加工后、精加工前,使热处理变形在精加工中得以修正。

8.2.3 套筒类零件加工实例

套筒类零件按其结构形状可分为短套筒和长套筒两类,这两类套筒在装夹与加工方法上有很大的差别,下面分别分析其工艺特点。

1. 轴套加工工艺分析

1) 轴套的技术要求与加工特点

如图 8-11 所示的轴套属于短套筒。轴套的技术要求与加工特点为:轴套组成的表面有外圆,内孔,型孔,大、小端面,台阶面,退刀槽,内、外倒角; $\phi 60^{+0.02}$ mm 外圆对 $\phi 44^{+0.027}$ mm 内孔的同轴度公差为 0.03 mm, $\phi 60^{+0.02}$ mm 外圆对 $\phi 44^{+0.027}$ mm 内孔的径向圆跳动公差为 0.01 mm,两者表面粗糙度均为 $Ra0.8 \mu\text{m}$;台阶面对 $\phi 60^{+0.02}$ mm 外圆轴线的垂直度公差为 0.02 mm,台阶面表面粗糙度为 $Ra0.8 \mu\text{m}$;零件热处理硬度为 50~55 HRC,需经淬火处理;生产类型为中批量生产;零件直径尺寸差异较大,零件壁薄容易变形,加工精度要求较高。

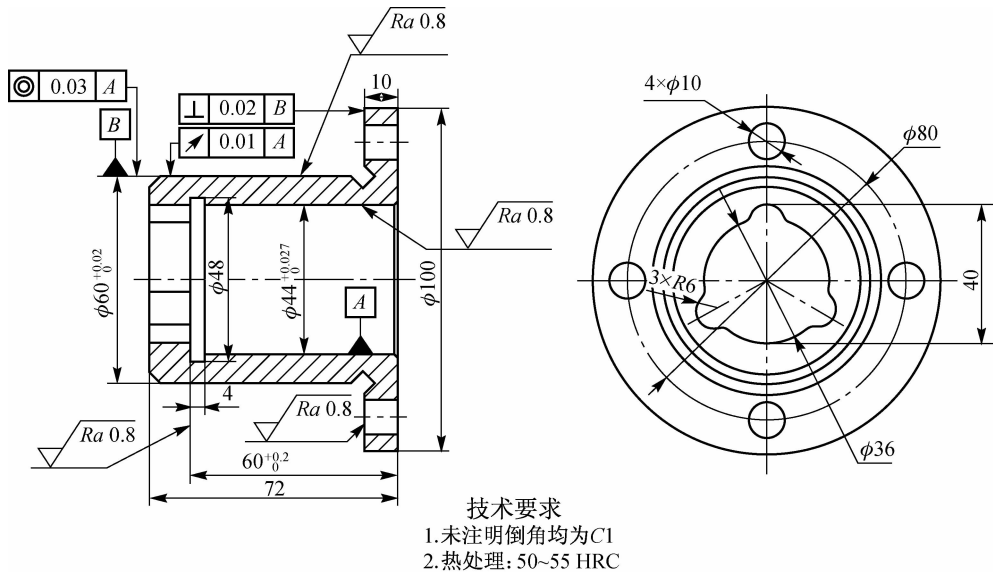


图 8-11 轴套的零件图

2) 轴套的加工工艺过程

根据对轴套的结构特点和技术要求的分析,制订轴套的加工工艺过程,具体见表 8-2。

表 8-2 轴套的加工工艺过程

工序号	工序名称	工序内容	定位与夹紧
1	备料	毛坯模锻	—
2	热处理	退火,220~240 HBS	—
3	粗车	①粗车大端面,留加工余量 0.5 mm; ②粗车 $\phi 100$ mm 外圆,留加工余量 1.0 mm; ③粗车 $\phi 44^{+0.027}$ mm 内孔,留加工余量 1.5 mm	三爪卡盘装夹
4	掉头粗车	①掉头粗车小端面至尺寸 72.5 mm; ②粗车 $\phi 60^{+0.02}$ mm 外圆,留加工余量 1.2 mm; ③粗车台阶面,留加工余量 0.8 mm; ④粗车 $\phi 36$ mm 内孔至尺寸	反爪夹大端
5	检验	中间检验	—
6	热处理	调质	—

续表

工序号	工序名称	工序内容	定位与夹紧
7	半精车	①半精车大端面至尺寸； ②半精车 $\phi 100$ mm 外圆至尺寸； ③半精车 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔，留粗磨、精磨余量约 0.5 mm； ④切 $\phi 48$ mm 退刀槽至尺寸； ⑤倒角	三爪卡盘装夹
8	半精车	①半精车 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆及台阶面，留磨削余量； ②切退刀槽至尺寸； ③倒角	配心轴，以 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔定位，轴向夹紧工件
9	铣削	铣小端面 $3 \times R6$ mm 型孔至尺寸	分度头安装
10	钻孔	钻大端面 $4 \times \phi 10$ mm 小孔至尺寸	专用夹具
11	钳工	去毛刺	—
12	检验	—	—
13	热处理	淬火，50~55 HRC	—
14	粗磨	粗磨 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔及 $\phi 48$ mm 的端面，留精磨余量	以 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆定位
15	磨削	磨 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆及台阶面至尺寸	配心轴，以 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔定位，轴向夹紧工件
16	精磨	精磨 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔及 $\phi 48$ mm 的端面至尺寸	以 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆定位
17	检验	成品检验	—

(1)轴套的材料与毛坯。本例轴套的材料采用 45 钢，毛坯用模锻件。

(2)轴套表面加工方法。 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆及台阶面采用粗车—半精车—磨削加工， $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔采用粗车—半精车—粗磨—精磨达到精度及表面粗糙度的要求，其余回转面以半精车满足加工要求，型孔在立式铣床上完成，四个小孔采用钻削。

(3)定位基准。主要定位基准为 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 的内孔中心，加工内孔时的定位基准为 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 的外圆。

(4)安装方式。加工大端面及内孔时，用三爪卡盘装夹；粗加工小端面用反爪夹大端；半精加工、精加工小端时，配心轴，以 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 的内孔定位，轴向夹紧工件；加工 $3 \times R6$ mm 型孔时，用分度头安装直接分度，并保证它们均布在零件的圆周上；对大端面的四个小孔用专用夹具安装，即以大端面及 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔作为主定位基准，利用型孔防止工件旋转，使工件轴向夹紧。

(5)保证轴套表面位置精度。先以 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆定位，粗磨 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔，再以 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔定位磨削外圆，最后以 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆定位，精磨 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔。内孔与外圆互为基准、多次装夹、反复加工，以满足同轴度和径向圆跳动的要求。在一次装夹中磨 $\phi 60^{+0.02}_0$ mm 外圆及台阶面，以保证台阶面对 $\phi 44^{+0.027}_0$ mm 内孔轴线的垂直度公差在 0.02 mm 以内。

(6)热处理安排。因模锻件的表层有硬皮,为改善切削加工性,模锻后应对毛坯进行退火处理。零件的最终热处理为淬火,满足硬度 50~55 HRC 要求。为尽量控制淬火变形,在零件粗加工后安排调质处理作为预备热处理。

2. 液压缸体加工工艺分析

1) 液压缸体的技术要求与加工特点

如图 8-12 所示的液压缸体属于长套筒。液压缸体的技术要求与加工特点为:液压缸体组成的表面有外圆、内孔、内锥孔、倒角等;液压缸内有活塞往复运动,所以 $\phi 70H11$ 内孔的加工要求较高,其轴线的直线度公差为 $\phi 0.15$ mm,对外圆安装基准面 A、B 的同轴度公差为 $\phi 0.04$ mm,圆柱度公差为 0.04 mm,表面粗糙度为 $Ra 0.32 \mu m$ 。为保证活塞在液压缸体内移动顺利且不漏油,还特别要求内孔光洁无纵向划痕,不许用研磨剂研磨;两端面对内孔的垂直度公差为 0.03 mm,表面粗糙度为 $Ra 2.5 \mu m$;安装基准面 $\phi 82h6$ mm 外圆的尺寸精度为 IT6,表面粗糙度为 $Ra 1.25 \mu m$; $\phi 90$ mm 外圆表面中间段为非加工面;生产类型为成批生产;液压缸体壁薄容易变形,结构简单,加工面较少,加工方法变化不多。

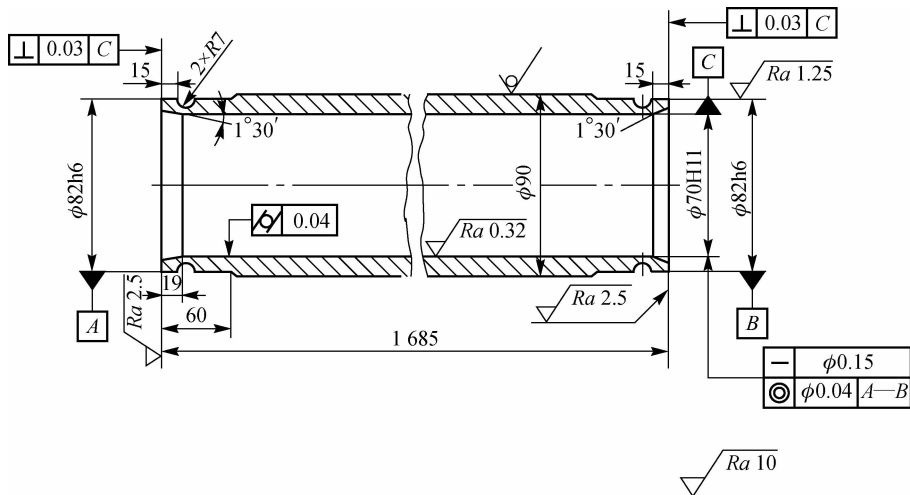


图 8-12 液压缸体的零件图

2) 液压缸体的加工工艺过程

根据对液压缸体的结构特点和技术要求的分析,制订液压缸体的加工工艺过程,见表 8-3。

表 8-3 液压缸体的加工工艺过程

工序号	工序名称	工序内容	定位与夹紧
1	备料	无缝钢管 $\phi 90 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 1\ 692 \text{ mm}$ 下料切断	—
2	粗车	①车一端 $\phi 82h6$ mm 外圆至 $\phi 88$ mm,车工艺螺纹 $M88 \times 1.5$ mm(定位用); ②车端面,倒角; ③掉头车另一端 $\phi 82h6$ mm 外圆至 $\phi 84$ mm; ④车端面(取总长 1 686 mm,留加工余量 1 mm),倒角	三爪自定心卡盘夹一端,另一端用中心架托(或用大头顶尖顶)

续表

工 序 号	工序名称	工序内容	定位与夹紧
3	深孔镗	①半精镗孔至 $\phi 68$ mm; ②精镗孔至 $\phi 69.85$ mm; ③浮动镗孔(精铰)至 $\phi 70H11$ mm,表面粗糙度为 $Ra2.5 \mu\text{m}$	一端用 $M88 \times 1.5$ mm 螺纹固定在夹具中,另一端搭中心架,托 $\phi 84$ mm 处
4	滚压孔	用滚压头滚压 $\phi 70H11$ mm 孔至表面粗糙度为 $Ra0.32 \mu\text{m}$	一端用螺纹固定在夹具中,另一端搭中心架,托 $\phi 84$ mm 处
5	精车	①切去工艺螺纹,车 $\phi 82h6$ mm 外圆至尺寸,车 $R7$ mm 圆槽; ②镗 $1^\circ 30'$ 内锥孔,车端面; ③掉头车 $\phi 82h6$ mm 外圆至尺寸,车 $R7$ mm 圆槽; ④镗 $1^\circ 30'$ 内锥孔,车端面,取总长 1 685 mm	①一端用软爪夹,另一端用大头顶尖顶; ②一端用软爪夹,另一端用中心架托; ③一端用软爪夹,另一端用大头顶尖顶; ④一端用软爪夹,另一端用中心架托

(1) 液压缸体的材料。液压缸体的材料一般有铸铁和无缝钢管两种。本例采用无缝钢管。

(2) 液压缸体表面加工方法。 $\phi 82h6$ mm 外圆加工精度为 IT6,加工方法采用粗车、精车。内孔加工精度较高,粗加工采用半精镗,半精加工采用精镗,精加工采用浮动镗,光整加工采用滚压。

(3) 定位基准。选择安装基准面 $\phi 82h6$ mm 外圆作为定位基准加工内孔。

(4) 安装方式。为防止液压缸体壁薄因受夹紧力而变形,在镗内孔时,一端用工艺螺纹旋紧工件,另一端用中心架托住外圆;在最后精车外圆时,一端用软爪夹住,另一端以内孔定位用大头顶尖顶住工件;在镗内锥孔时,用软爪夹住一端,另一端用中心架托住外圆。

8.3 箱体类零件加工

8.3.1 箱体类零件加工概述

1. 箱体类零件的功能和结构特点

箱体是机器或部件的基础零件,它将机器或部件中的轴、齿轮、轴承等相关零件连接成一个整体,使它们之间保持正确的相互位置,以传递运动和动力以及改变转速来完成一定的传动关系。因此,箱体的加工质量直接影响机器或部件的工作精度、使用性能和寿命。

常见的箱体零件有机床主轴箱、机床进给箱、减速箱、发动机缸体、机座和泵体等。根据结构形式不同,箱体可分为整体式和分离式两大类。如图 8-13 所示为常用的几种箱体的结构简图。

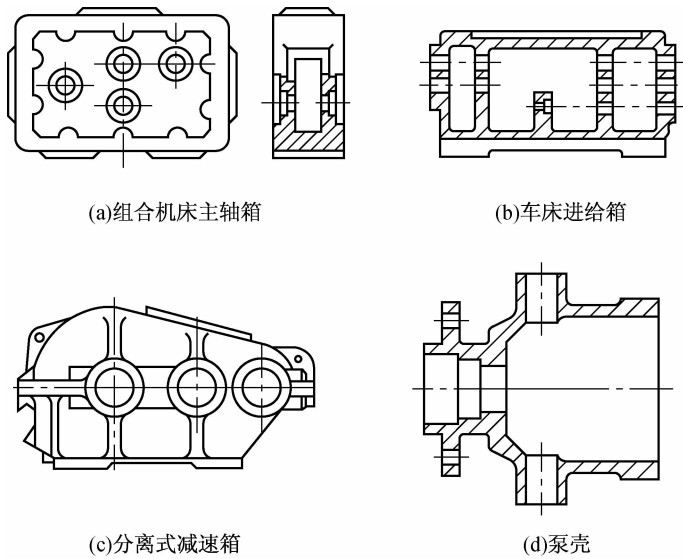


图 8-13 常用的几种箱体的结构简图

箱体的结构形式虽然多种多样,但仍有一些共同特点,即箱体结构复杂,壁薄且不均匀,内部呈空腔,加工部位多,加工难度大,既有精度要求高的孔系和平面,也有许多精度要求较低的螺纹连接孔。

2. 箱体类零件的主要技术要求

箱体类零件中以车床主轴箱的精度要求最高,以如图 8-14 所示的车床主轴箱为例来说明其技术要求。

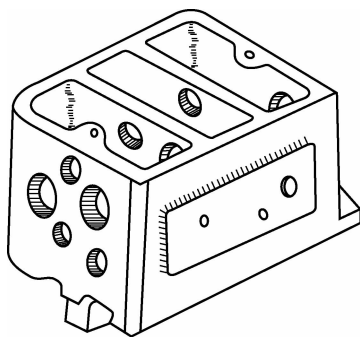


图 8-14 车床主轴箱

1) 主要平面的形状精度和表面粗糙度

箱体的主要平面是装配基准面,装配基准面的平面度误差将影响主轴箱与床身连接时的接触刚度。若在加工时将其作为定位基准,还会影响孔的加工精度。因此,箱体的主要平面应有较高的平面度和较小的表面粗糙度。此外,箱体的主要平面间还应有较高的垂直度要求。

一般箱体主要平面的平面度公差为 $0.03 \sim 0.1 \text{ mm}$,表面粗糙度为 $Ra2.5 \sim 0.63 \mu\text{m}$,主要平面间的垂直度公差为 $0.04 \sim 0.1 \text{ mm}$ 。

2) 孔的尺寸精度、形状精度和表面粗糙度

孔的尺寸精度和形状精度将影响轴承与箱体孔的配合精度。孔径过大、配合过松会使轴的回转精度下降,使传动件(齿轮、联轴器等)产生振动和噪声;孔径过小、配合过紧会使轴承因外界变形而不能正常运转,使轴承寿命缩短。孔的表面粗糙度影响箱体的配合性质或接触刚度。

一般机床主轴支承孔的尺寸精度为 IT6,表面粗糙度为 $Ra0.63\sim 0.32\ \mu\text{m}$,圆柱度公差一般在孔径尺寸公差范围内。其余孔的尺寸精度为 IT7~IT6,表面粗糙度为 $Ra2.5\sim 0.63\ \mu\text{m}$ 。

3) 孔与孔之间的相互位置精度

同一轴线上各孔应有同轴度要求,各支承孔之间应有孔距尺寸精度和平行度要求。否则不仅装配困难,轴承和轴装配到箱体将产生歪斜,使轴运转情况恶化,加剧轴承磨损,还会影响齿轮的啮合质量。

同一轴线上孔的同轴度公差一般为 $0.01\sim 0.04\ \text{mm}$ 。支承孔间的孔距公差为 $0.05\sim 0.12\ \text{mm}$,平行度公差应小于孔距公差。

4) 孔与平面之间的相互位置精度

主要孔和主轴箱安装基准面应有平行度要求,它们决定了主轴与床身导轨的相互位置关系。一般都要规定主轴轴线对安装基准面的平行度公差。在垂直面方向上,只允许主轴前端向上偏;在水平面方向上,只允许主轴前端向前偏。另外,孔端面与其轴线应有垂直度要求。

支承孔与主要平面的平行度公差为 $0.05\sim 0.1\ \text{mm}$,垂直度公差为 $0.04\sim 0.1\ \text{mm}$ 。

3. 箱体类零件的材料、热处理及毛坯

1) 箱体类零件的材料

箱体类零件的材料一般选 HT200~HT400 的各种牌号的灰铸铁,最常用的为 HT200,这是因为灰铸铁不仅成本低,而且具有较好的耐磨性、可铸性、可切削加工性和阻尼特性,适合箱体类零件尺寸较大、形状复杂的结构特点。在单件生产或某些简易机床的箱体加工时,为了缩短生产周期和降低成本,也可采用钢材焊接结构。负荷大的主轴箱可采用铸钢件。在特定条件下,某些箱体也可采用铝镁合金或其他铝合金材料。

2) 箱体类零件的热处理

箱体类零件一般结构都比较复杂,壁厚不均,铸造时会形成较大的内应力。为保证其加工后的精度稳定,在毛坯铸造后需安排一次人工时效或退火工序,以消除内应力。对精度高的箱体或形状特别复杂的箱体,应在粗加工后再安排一次人工时效处理,以消除粗加工所造成的内应力,进一步提高箱体加工精度的稳定性。

3) 箱体类零件的毛坯

箱体类零件毛坯的加工余量与生产批量、毛坯尺寸、结构和铸造方法有关,可查阅相关资料决定。一般情况下,铸铁毛坯在单件、小批量生产时,可采用木模手工造型,毛坯精度低、加工余量大;铸铁毛坯在大批量生产时,可采用金属模机器造型,毛坯精度高、加工余量小。

单件、小批量生产时直径大于 $50\ \text{mm}$ 的孔,或者成批生产时直径大于 $30\ \text{mm}$ 的孔,一般都应铸出预孔。

4. 箱体类零件的结构工艺性

1) 箱体类零件基本孔的分类

箱体类零件的基本孔可分为通孔、阶梯孔、交叉孔及盲孔等。

(1) 通孔。通孔的工艺性好,通孔内又以短圆柱孔(长径比小于 1.5)的工艺性为最好。当通孔为深孔(长径比大于 5)时,若加工精度要求较高,表面粗糙度要求较低,则加工就很困难。

(2) 阶梯孔。阶梯孔的工艺性与孔径差有关,孔径差越小,工艺性越好;孔径差越大,且其中最小的孔径又较小,则加工较困难。

(3) 交叉孔。相贯通的交叉孔工艺性较差,如图 8-15(a)所示。刀具走到贯通部分时,由于刀具径向受力不均,孔的轴线就会偏移。因此,可采取如图 8-15(b)所示的交叉孔。

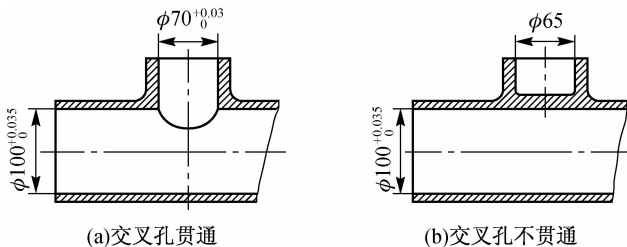


图 8-15 交叉孔的工艺性

(4) 盲孔。盲孔的工艺性最差,因为在精铰或镗盲孔时,刀具难以进给,加工情况无法观察,盲孔的内端面加工也特别困难,所以应尽量避免。

2) 同一轴线孔径大小的分布形式

同一轴线孔径大小有以下三种分布形式:

(1) 向一个方向递减。向一个方向递减便于镗孔时镗杆从一端伸入,逐个加工或同时加工同一轴线上的几个孔,可保证较高的同轴度和生产率。单件、小批量生产常采用这种分布形式。

(2) 孔径大小从两边向中间递减。采用这种分布形式加工时便于组合机床从两边同时加工,镗杆刚度好,适合大批量生产。

(3) 中间壁上的孔径大于外壁的孔径。应尽量避免采用这种分布形式加工。

3) 孔系

一系列有相互位置精度要求的孔称为孔系。箱体上的孔不仅本身的精度要求高,而且孔距精度和相互位置精度要求也很高,这是箱体加工的关键。孔系可分为平行孔系、同轴孔系和交叉孔系,如图 8-16 所示。

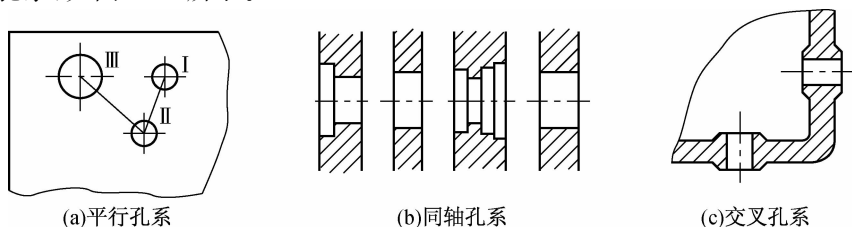


图 8-16 箱体孔系分类

箱体外壁上的凸台应尽可能在同一高度上,以便在一次走刀中加工出来。箱体上的连接孔的尺寸规格应尽量一致,以减少刀具的数量和换刀次数。

8.3.2 箱体类零件加工工艺分析

箱体类零件的结构复杂,加工表面多,但主要加工表面是平面和孔。通常平面的加工精度相对较易保证,而精度要求较高的支承孔以及孔与孔、孔与平面之间的相互位置精度较难保证,是箱体加工的关键。

在制订箱体类零件加工工艺过程中,应重点考虑如何保证孔的自身精度以及孔与孔、孔与平面之间的相互位置精度,尤其是重要孔与重要的基准平面之间的关系。

1. 主要平面加工

箱体平面加工的主要方法有刨削、铣削和磨削三种。刨削和铣削常用作平面的粗加工和半精加工,磨削常用作平面的精加工。

对于中、小箱体,一般在牛头刨床或普通铣床上进行加工。对于大件箱体,一般在龙门刨床或龙门铣床上进行加工。刨削的生产率较低,中批量以上生产时,多采用铣削;单件、小批量生产时,对于精度高的平面用手工刮研或宽刃精刨;大批量生产时,对于精度高的平面应采用磨削。为了提高生产率,保证平面间的相互位置精度,生产中还经常采用组合铣削和组合磨削,如图 8-17 所示。

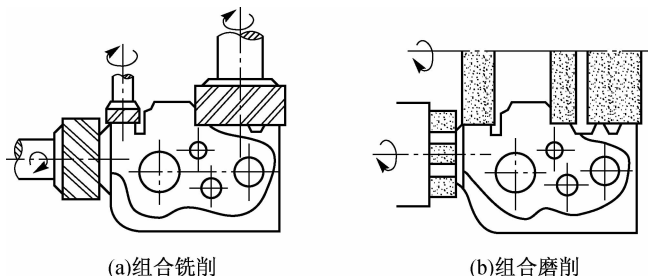


图 8-17 箱体平面的组合铣削和组合磨削

2. 平行孔系加工

所谓平行孔系是指这样一些孔,它们的轴线互相平行且孔距也有精度要求。因此,平行孔系加工的主要技术要求是保证孔的加工精度,保证各平行孔轴线之间以及孔轴线与基准面之间的尺寸精度和相互位置精度。生产中常采用镗模法、找正法和坐标法。

1) 镗模法

镗模法加工孔系是利用镗模板上的孔系保证工件上孔系位置精度的一种方法。镗孔时,工件装夹在镗模上,镗杆支承在镗模的导套里,由导套引导镗杆在工件的正确位置上镗孔,如图 8-18 所示。

镗模法的加工特点如下:

- (1) 孔距精度和相互位置精度主要取决于镗模的制造精度。
- (2) 镗杆与机床主轴采用浮动连接,机床精度对孔系加工精度影响很小。因此,可以在精度较低的机床上加工出精度较高的孔系。
- (3) 镗杆刚度好,有利于采用多刀同时切削,定位夹紧迅速,节省找正、调整时间,生产率高。

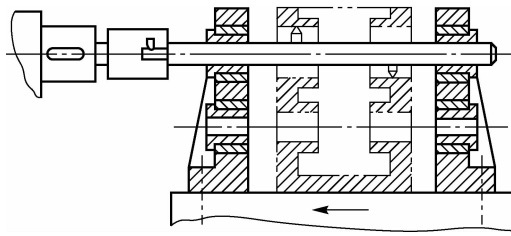


图 8-18 用镗模法加工孔系

(4) 镗模的精度要求高, 制造周期长, 成本高。

此外, 由于镗模本身具有制造误差、导套和镗杆的配合间隙和磨损, 因而用镗模法加工孔系的加工精度不会很高。一般孔径尺寸精度为 IT7, 表面粗糙度为 $Ra1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}$, 孔与孔之间的同轴度公差和平行度公差均为 $0.02 \sim 0.05 \text{ mm}$, 孔距精度为 $\pm 0.05 \text{ mm}$ 。

镗模法加工广泛应用于中、小型箱体的成批及大量生产中。

2) 找正法

找正法是工人在通用机床上, 利用辅助工具来找正每一个要加工孔的正确位置。这种方法加工效率低, 一般只适用于单件、小批量生产。

找正法包括划线找正法和样板找正法。

(1) 划线找正法。加工前按照零件图的要求在毛坯上划出各孔的加工位置线, 加工时按所划的线一一找正, 同时结合试切法进行加工。

划线找正法的加工特点是: 划线和找正时间较长, 生产率低, 而且加工出来的孔距精度也较低, 一般为 $\pm 0.3 \text{ mm}$, 操作难度大, 但所用设备简单, 常用于单件、小批量生产及孔距精度要求不高的孔系加工。

(2) 样板找正法。加工前用 $10 \sim 20 \text{ mm}$ 厚的钢板按箱体的孔系关系制造出样板。样板上的孔距精度应比箱体上的孔距精度高, 一般为 $\pm 0.01 \text{ mm}$; 样板上的孔径应比工件的孔径稍大, 以便镗杆通过; 样板上的孔径尺寸精度要求不高, 但形状精度和表面粗糙度要求较高。

使用时, 将样板准确地装在被加工的箱体的端面(垂直于各孔的端面)上, 在机床主轴上安装一个百分表找正器, 按样板上的孔逐个找正机床主轴的位置, 换上镗刀即可加工, 如图 8-19 所示。

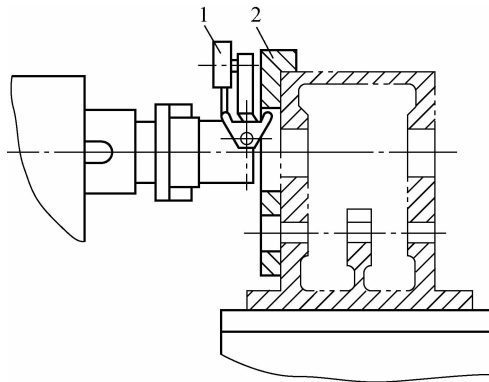


图 8-19 样板找正法

1—百分表找正器; 2—样板

样板找正法的加工特点是加工中找正迅速,不易出错,孔距精度可达 $\pm 0.02\text{ mm}$,且样板的成本比镗模法低得多(仅为镗模法成本的 $1/7$ 左右),常用于单件、中、小批量生产中加工大型箱体的孔系。

3) 坐标法

坐标法是在加工前先将图样上被加工孔系间的孔距尺寸及其公差换算为以机床主轴中心为原点的两个互相垂直的坐标尺寸,加工时借助机床设备的测量装置,按此坐标尺寸精确地调整机床主轴和工件在水平和垂直方向的相对位置,从而间接保证孔距精度的一种镗孔方法。

坐标法的尺寸换算可利用三角几何关系及工艺尺寸链理论计算。其孔距精度取决于坐标位移精度,归根到底取决于机床坐标测量装置的精度。在现代生产实际中,利用坐标法加工孔系的机床主要是数控镗、铣床或加工中心。因此,坐标法在精密孔系的加工中应用较为广泛。

3. 同轴孔系加工

同轴孔系的加工主要是保证同轴线上各孔的同轴度。生产中常用的加工方法有镗模法、导向法和找正法。

1) 镗模法

在成批生产中,一般采用镗模法,其同轴度由镗模保证。精度要求较高的单件、小批量生产也可采用镗模法加工,但镗模的制造成本较高。

2) 导向法

在单件、小批量生产时,箱体孔系一般在通用机床上加工,不使用镗模,镗杆的受力变形会影响孔的同轴度,因此,可采取如下工艺方法:

(1) 利用已加工孔作为支承导向。如图 8-20 所示,当箱体前壁上的孔加工完毕后,可在孔内装一导向套,以支承和引导镗杆加工后壁上的孔,保证两孔的同轴度要求。这种工艺方法适用于箱壁相距较近的同轴孔系的加工。

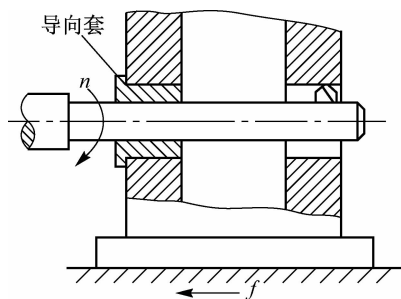


图 8-20 导向法加工同轴孔系

(2) 利用镗床后立柱上的导向套作为支承导向。这种工艺方法镗杆为两端支承,刚性好,但后立柱导套的位置调整麻烦,且需要较长、较粗的镗杆,适用于大型箱体同轴孔系的加工。

3) 找正法(调头镗加工)

加工时,工件一次装夹镗好一端的孔后,将镗床工作台回转 180° ,再对另一端同轴线的孔进行找正加工。为保证同轴度找正,加工时应注意:首先确保镗床工作台精确回转 180° ,否则两端所镗的孔轴线不重合;其次调头后应保证镗杆轴线与已加工孔轴线位置精确重合。

考虑工作台回转以后会带来误差,因此,在实际加工中需用工艺基准面进行校正,如图 8-21 所示。具体方法为镗孔前用装在镗杆上的百分表对箱体上与所镗孔轴线平行的工艺基准面进行校正,使其与镗杆平行;当加工完箱体 A 面上的孔,镗床工作台回转 180° 后,再用镗杆上的百分表沿此工艺基准面重新校正,保证镗杆轴线与工艺基准面的平行度,这样就确保了镗床工作台精确回转 180° ;然后再以此工艺基准面作为测量基准调整主轴位置,以确保镗杆轴线与已加工孔(箱体 A 面上的孔)轴线位置精确重合,这样即可镗箱体 B 面上的孔。

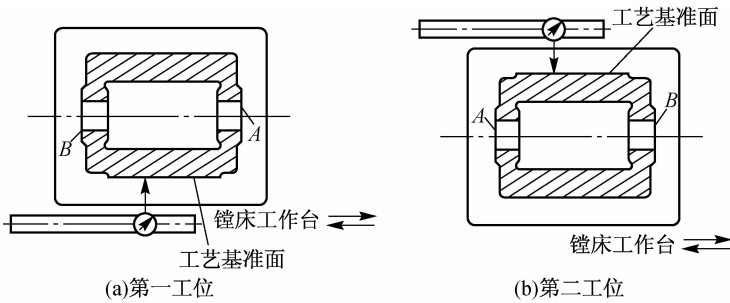


图 8-21 调头镗加工同轴孔系

掉头镗加工同轴孔找正较麻烦,生产率低,但工艺及工艺装备简单,镗杆短且刚性好,故适用于单件、小批量生产箱体壁面上相距较远的同轴孔系。

4. 定位基准的选择

1) 粗基准的选择

一般都采用箱体类零件上面的重要孔作为粗基准,如主轴箱都用主轴孔和距主轴孔较远的一个轴承孔作为粗基准。

虽然箱体类零件都采用重要孔作为粗基准,但生产类型不同,实现以主轴孔为粗基准的工件装夹方式也是不同的。

(1)中、小批量生产时,毛坯精度较低,一般采用划线装夹,先找正主轴孔的中心,然后以主轴孔为粗基准找出其他需要加工的平面的位置。加工箱体平面时,按所划的线找正,装夹工件即可。

(2)大批量生产时,毛坯精度较高,可采用如图 8-22 所示的以主轴孔为粗基准的铣夹具粗铣顶面,先将工件放在支承 1、4、5 上,并使箱体侧面紧靠支架 3,端面紧靠挡销 9,这就完成了预定位;操纵手柄 8 后由压力油推动两短轴伸入箱体的主轴孔中,每个短轴上的活动支柱分别顶住主轴孔内的毛面,工件将被略微抬起,离支承 1、4、5,使主轴孔轴线与夹具的两短轴轴线重合,此时,主轴孔即为定位粗基准。为限制工件绕两短轴转动,调节两个可调支承,用样板校正箱体另一轴孔的位置,使箱体端面基本水平,再调节辅助支承 2,使其与箱体底面接触,以提高工艺系统的刚度,然后再将由液压控制的两个夹紧块伸入箱体两端孔内压紧工件,即可进行加工。

2) 精基准的选择

选择合适的定位精基准,对保证箱体的加工质量尤为重要。一般情况下,应尽可能选择设计基准作为定位精基准,使基准重合,且该精基准还可以作为箱体其他各表面加工的定位精基准,做到基准统一。实际生产中,根据生产批量的不同,有下列两种方案:

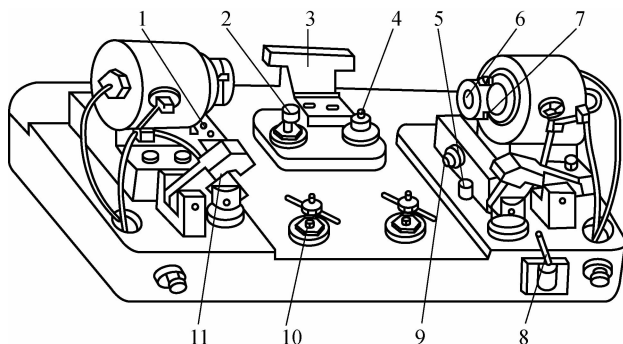


图 8-22 以主轴孔为粗基准的铣夹具

1、4、5—支承；2—辅助支承；3—支架；6—短轴；7—活动支柱；
8—手柄；9—挡销；10—可调支承；11—夹紧块

(1)单件、小批量生产。单件、小批量生产用装配基准作为定位精基准。主轴箱的底面是装配基准,也是主轴孔的设计基准,且与箱体的主要纵向孔系、端面、侧面等有直接的相互位置关系,因此,应以主轴箱的底面作为定位精基准。

此方案的优点是符合基准重合原则,消除了基准不重合误差,有利于各工序的基准统一;简化了夹具设计,定位稳定可靠,安装误差较小;由于箱体口朝上,在加工各孔时更换导向套、安装调整刀具、测量孔径尺寸、观察加工情况均非常方便;有利于清除切屑和加注切削液。

这种定位方式的不足之处是刀具系统的刚度较差。加工箱体内壁上的支承孔时,为了保证这些支承孔的相互位置精度,必须在箱体内相应位置设置导向支承模板以支承镗杆,提高镗杆的刚度。由于箱体口朝上,箱底封闭,中间导向支承模板只能用吊架的形式从箱体顶面的开口处伸入箱体内。如图 8-23 所示,每加工一个工件,吊架需装卸一次,使加工的辅助时间增加;且由于吊架刚性差,制造安装精度低,经常装卸容易产生误差,因而影响了加工孔的位置精度,所以其只适合单件、小批量生产。

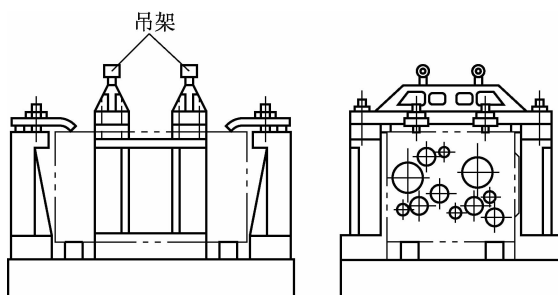


图 8-23 吊架式镗模

(2)大批量生产。大批量生产采用一面两孔作为定位精基准,即以主轴箱的顶面及两定位销孔作为定位精基准,如图 8-24 所示。

此方案的特点是箱体口朝下,中间导向支承模板可固定在夹具上,固定支架刚性强,对保证各支承孔的加工位置精度有利;夹具结构简单,工件装夹方便,辅助时间少。但由于以箱体顶面作为定位基准,使定位基准与设计基准或装配基准不重合,产生了基准不重合误

差;由于箱体口朝下,加工过程中不便于直接观察加工情况、调整刀具及测量尺寸;原箱体零件上本不需要两定位销孔,但因工艺定位的需要,在前几道工序中必须增加钻—扩—铰两定位销孔的工序;另外,必须提高作为定位基准的箱体顶面的加工精度,为此,安排了磨顶面的工序,并严格控制顶面的平面度以及顶面与底面、顶面与主轴孔轴心线的尺寸精度与平行度,增加了箱体加工的工作量。不过,因为此方案生产率高、精度好、加工质量稳定,仍然适用于大批量生产。

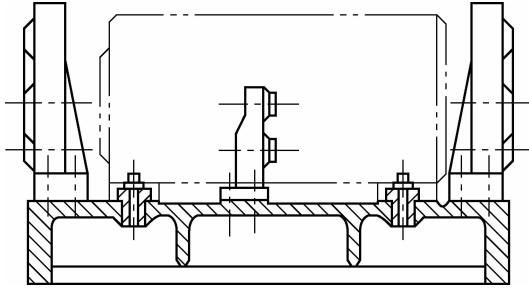


图 8-24 以主轴箱的顶面及两定位销孔作为定位精基准

5. 拟订加工工艺过程的基本原则

1) 先面后孔的工艺顺序

箱体类零件的加工顺序为先加工平面,再以加工好的平面定位加工孔,符合一般加工规律。因为箱体孔的精度要求较高,加工难度大,先以孔作为粗基准加工好平面,再以平面作为精基准加工孔,可为孔的加工提供稳定可靠的定位。同时先加工平面,切去了铸件表面的不平和夹砂等缺陷,不仅有利于以后的孔加工(如减少钻头引偏)工序,也有利于保护刀具。

2) 加工阶段粗、精分开

对于刚性差、批量较大、精度要求较高的箱体,通常将主要加工表面划分为粗、精加工两个阶段,即主要平面和各支承孔在粗加工后再进行主要平面和各支承孔的精加工。特别是精度和表面质量要求最高的主轴孔的精加工应放在最后,这样可以消除由粗加工所造成的内应力、切削力、切削热、夹紧力对加工精度的影响,并且有利于合理地选用设备。

3) 合理安排热处理工序

箱体毛坯铸造后需进行时效处理,以消除铸造后铸件中的内应力,改善金相组织,改善工件材料的切削加工性,从而保证加工精度的稳定。

对于精密机床或壁薄而结构复杂的主轴箱体,在粗加工后再进行一次人工时效处理,以消除粗加工所造成的残余应力。

4) 合理选择设备

单件、小批量生产一般选用通用机床、通用夹具进行加工,个别关键工序采用专用夹具(如孔系加工)进行加工。而大批量箱体的加工,则应广泛采用组合机床和专用夹具,如平面的加工采用龙门铣床、组合磨床,各主要孔的加工采用多工位组合机床等。

8.3.3 箱体类零件加工实例

1. 车床主轴箱的技术要求与加工特点

车床主轴箱的简图如图 8-25 所示。

从图 8-25 可知,箱体顶面 A 的平面度公差为 0.05 mm,表面粗糙度为 $Ra3.2 \mu\text{m}$,与导轨配合的箱体底面 B 的表面粗糙度为 $Ra0.8 \mu\text{m}$,C、D、E 面的表面粗糙度均为 $Ra3.2 \mu\text{m}$,F 面的表面粗糙度为 $Ra6.3 \mu\text{m}$; I 轴孔与 II 轴孔、I 轴孔与 III 轴孔、I 轴孔与 IV 轴孔、III 轴孔与 IV 轴孔有孔间距要求; I 轴孔的加工精度为 IT6,表面粗糙度为 $Ra0.8 \mu\text{m}$, II、III、IV 轴孔的加工精度为 IT7,表面粗糙度为 $Ra1.6 \mu\text{m}$; II、III、IV 轴孔对 I 轴孔有平行度要求; I、II、III 轴线上各孔有径向圆跳动要求; I 轴前端孔圆度公差为 0.05 mm,对端面垂直度公差为 0.01 mm。

2. 车床主轴箱的加工工艺过程

车床主轴箱的加工工艺过程见表 8-4。

表 8-4 车床主轴箱的加工工艺过程

工 序 号	工 序 内 容	定 位 基 准
1	铸造,制造箱体毛坯	—
2	人工时效处理	—
3	油漆	—
4	铣顶面 A	I 轴铸孔和 II 轴铸孔
5	钻—扩—铰 $2 \times \phi 8H7$ mm 工艺孔(定位用)	顶面 A 及外形
6	铣两端面 E、F 及前面 D	顶面 A 及两工艺孔
7	铣导轨面 B、C	顶面 A 及两工艺孔
8	磨顶面 A	导轨面 B、C
9	粗镗各纵向孔	顶面 A 及两工艺孔
10	精镗各纵向孔	顶面 A 及两工艺孔
11	半精镗、精镗主轴孔	顶面 A 及两工艺孔
12	加工各横向孔及各面上的次要孔	顶面 A 及两工艺孔
13	磨导轨面 B、C 及前面 D	顶面 A 及两工艺孔
14	将 $2 \times \phi 8H7$ mm 及 $4 \times \phi 7.8$ mm 均扩钻至 $\phi 8.5$ mm,攻 $6 \times M10$ mm 的螺纹孔	—
15	清洗、去毛刺、倒角	—
16	检验	—

1) 箱体的材料与毛坯

箱体的材料采用 HT200,毛坯用铸件。

2) 热处理工序

对铸件毛坯进行人工时效处理,以消除内应力。

3) 箱体表面加工方法

各纵向孔及主轴孔加工精度高,采用铸件预铸孔—粗镗—半精镗—精镗加工;将顶面 A 作为定位精基准,采用铣削—磨削加工;将顶面 A 与 $2 \times \phi 8H7$ mm 工艺孔一起作为定位基准,采用钻—扩—铰加工;将导轨面 B、C 作为装配基准,采用铣削—磨削加工; $6 \times M10$ mm

的螺纹孔应采用丝锥攻螺纹。

4) 定位基准

铣削箱体顶面 A 应采用专用铣夹具,以 I 轴铸孔和 II 轴铸孔作为定位粗基准。因为是大批量生产,磨削导轨面 B、C 和精镗主轴孔时应采用主轴箱的顶面 A 和两定位销孔作为定位精基准。

5) 加工阶段粗、精分开

主要平面的粗加工是铣削,精加工是磨削;主要孔的粗加工是粗镗,精加工是精镗;主要平面的粗加工完成后再进行主要平面和各支承孔的精加工; $2 \times \phi 8H7$ mm 工艺孔应采用钻—扩—铰加工。

6) 加工顺序

加工的顺序为先面后孔。粗加工时,先铣削好顶面 A 后,再铣削主要平面;精加工时,先磨削好顶面 A 后,再粗镗—精镗主要孔系及磨削导轨面 B、C。

本章小结

本章介绍了轴类零件、套筒类零件、箱体类零件的功能、结构特点、主要技术要求、加工工艺分析等内容。学习本章应重点掌握这三类典型零件的机械加工工艺规程的编制方法,具备初步制订零件机械加工工艺规程的能力。

习 题 8

8-1 轴类零件有哪些主要加工表面? 有哪些技术要求?

8-2 轴类零件的热处理工序是如何安排的? 其毛坯常用的材料有哪几种? 是如何选用的?

8-3 中心孔在轴类零件加工工艺过程中起什么作用? 为什么要对中心孔进行修磨? 如果工件是空心的,如何实现加工过程的定位?

8-4 在轴类零件加工工艺过程中,如何体现基准重合、基准统一、互为基准的原则?

8-5 轴类零件上的螺纹、花键等的加工一般安排在工艺过程的哪个阶段?

8-6 保证套筒类零件相互位置精度的方法有哪些?

8-7 套筒类零件加工时容易变形,可采取哪些措施防止变形?

8-8 套筒类零件加工时容易因夹紧不当产生变形,应如何处理?

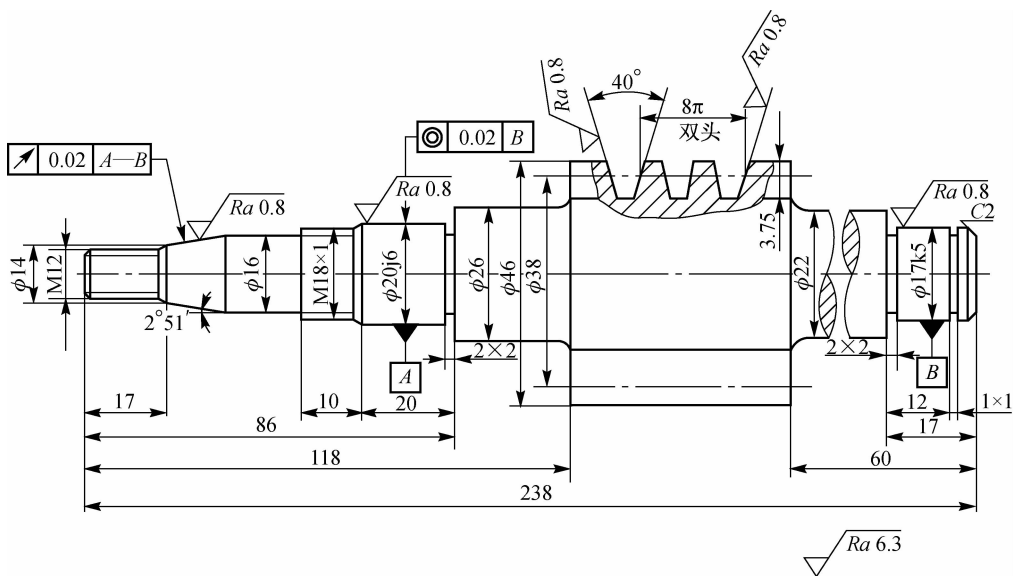
8-9 简述箱体类零件的结构特点和主要技术要求。

8-10 箱体类零件加工中,安排热处理工序的作用是什么? 安排在工艺过程的哪个阶段合适?

8-11 孔系有哪几种? 其加工方法有哪些?

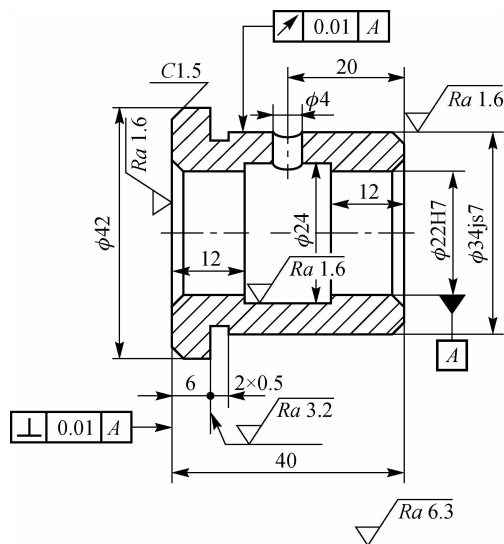
8-12 根据生产批量的不同,应如何选择箱体类零件的粗、精基准?

8-13 如图题 8-13 所示为蜗杆轴,材料选用 40Cr,属于小批量生产。试编制其加工工艺。



图题 8-13

8-14 试编制如图题 8-14 所示的轴承套零件的加工工艺,材料选用 ZQSn6-6-3,每批数量为 200 件。



图题 8-14