

4.机械加工工艺规程制定训练--- 轴类零件的加工案例综合分析

4.1

零件机械加工工艺过程的实施方法

4.2

影响零件加工精度因素及控制方法

4.3

机械加工表面质量的控制措施

典型主轴的加工

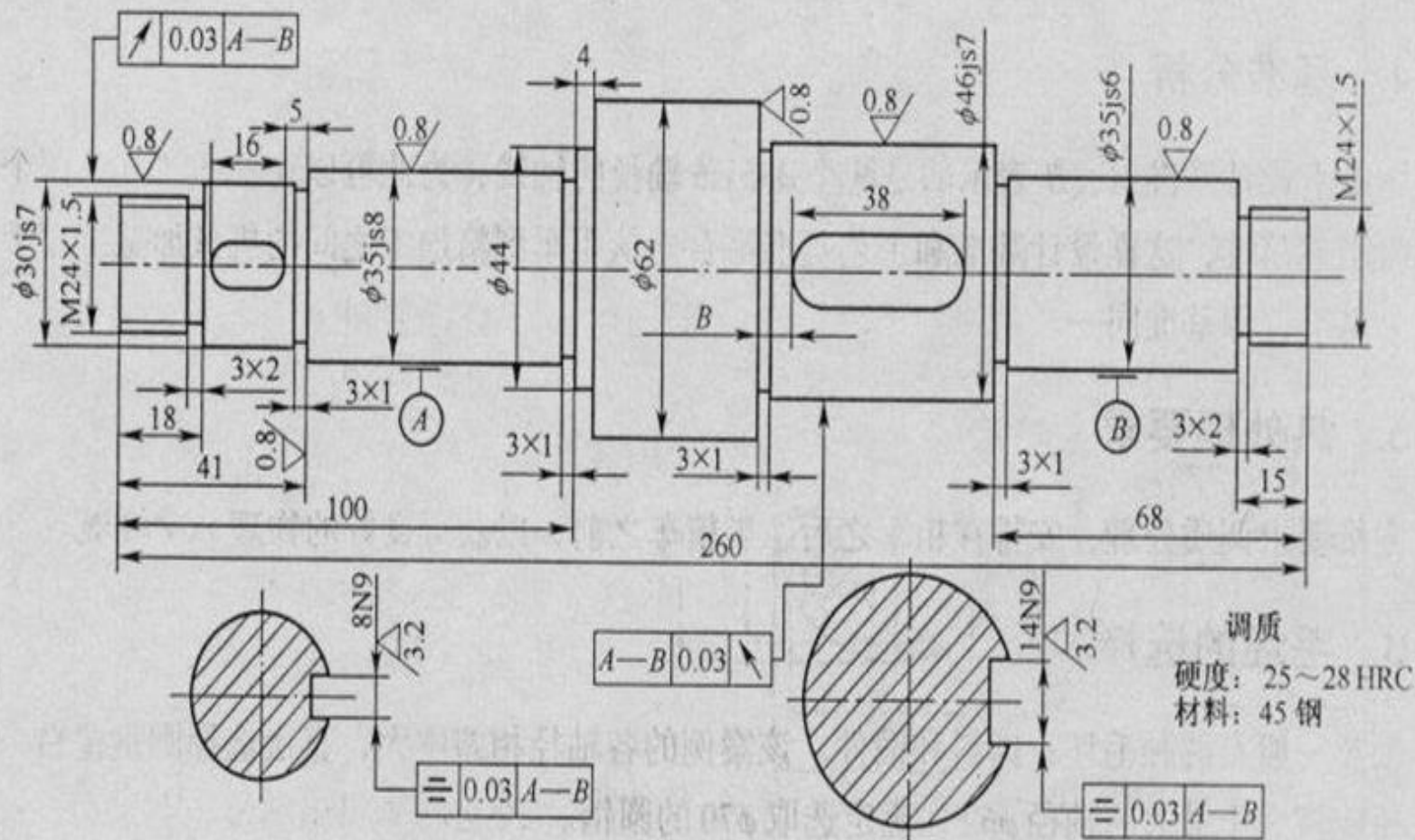


图 9-3 变速箱主轴

轴类零件是机器中用来支承齿轮、皮带轮等传动零件并传递扭矩的零件，是最常见的典型零件之一。轴类零件是旋转体零件，其长度大于直径，一般由同心轴的外圆柱面、圆锥面、内孔和螺纹及相应的端面所组成，如图 9-1 所示。根据结构形状的不同，轴类零件可分为光轴、阶梯轴、空心轴和曲轴等。加工表面通常除了内外圆表面、圆锥面、螺纹、端面外，还有花键、键槽、横向孔、沟槽等。图 9-2 所示为某阶梯轴的零件图，图中详细表明了各项技术要求。

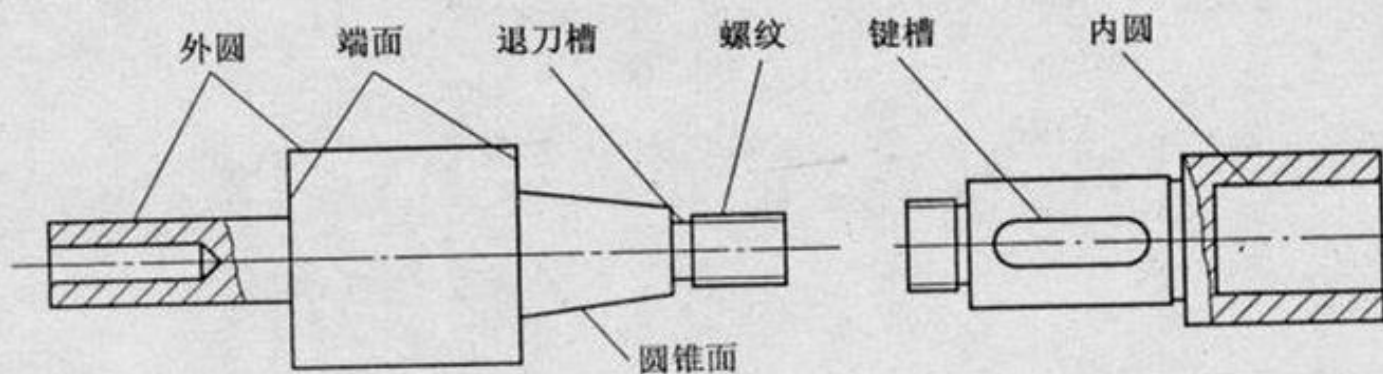
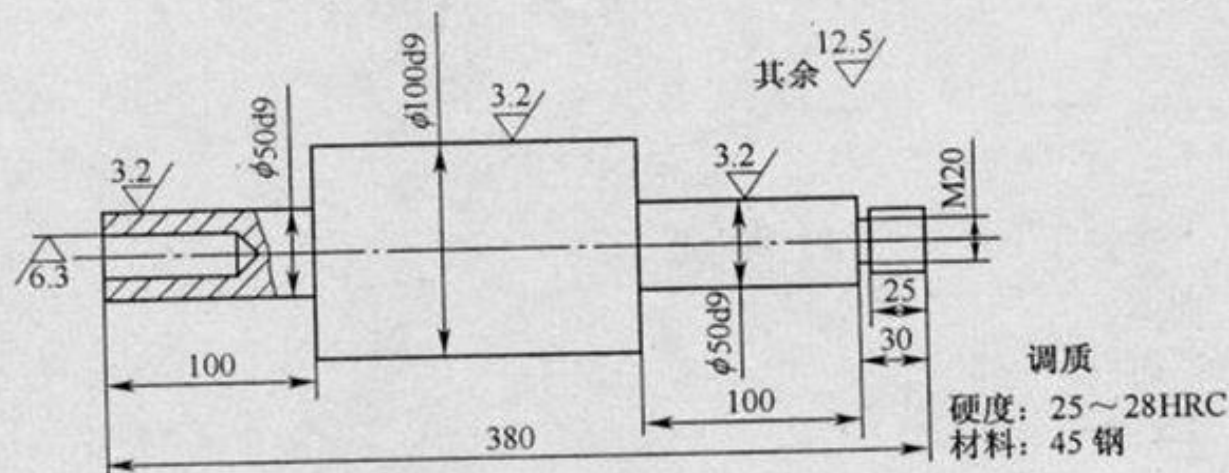


图 9-1 常见轴的结构示意图



轴类零件常用加工方法有：

- 1.车削
- 2.磨削
- 3.研磨
- 4.铣削轴上的键槽

轴类零件的一般技术要求：

- 1.尺寸精度，
- 2.几何精度，
- 3.相互位置精度，
- 4.表面粗糙度，



零件机械加工工艺规程设计的内容及步骤

1. 根据零件图和装配图，对零件进行工艺分析及审查
2. 零件生产量的落实及确定毛坯种类和制造方法4.
3. 拟订机械加工工艺路线
 - (1) 各表面加工方法的选择。
 - (2) 加工阶段的划分。
 - (3) 工序先后顺序的安排。
 - (4) 机床设备与工艺装备的选择。
 - (5) 热处理等工序的合理安排
4. 工序内容设计



案例1 典型主轴的加工

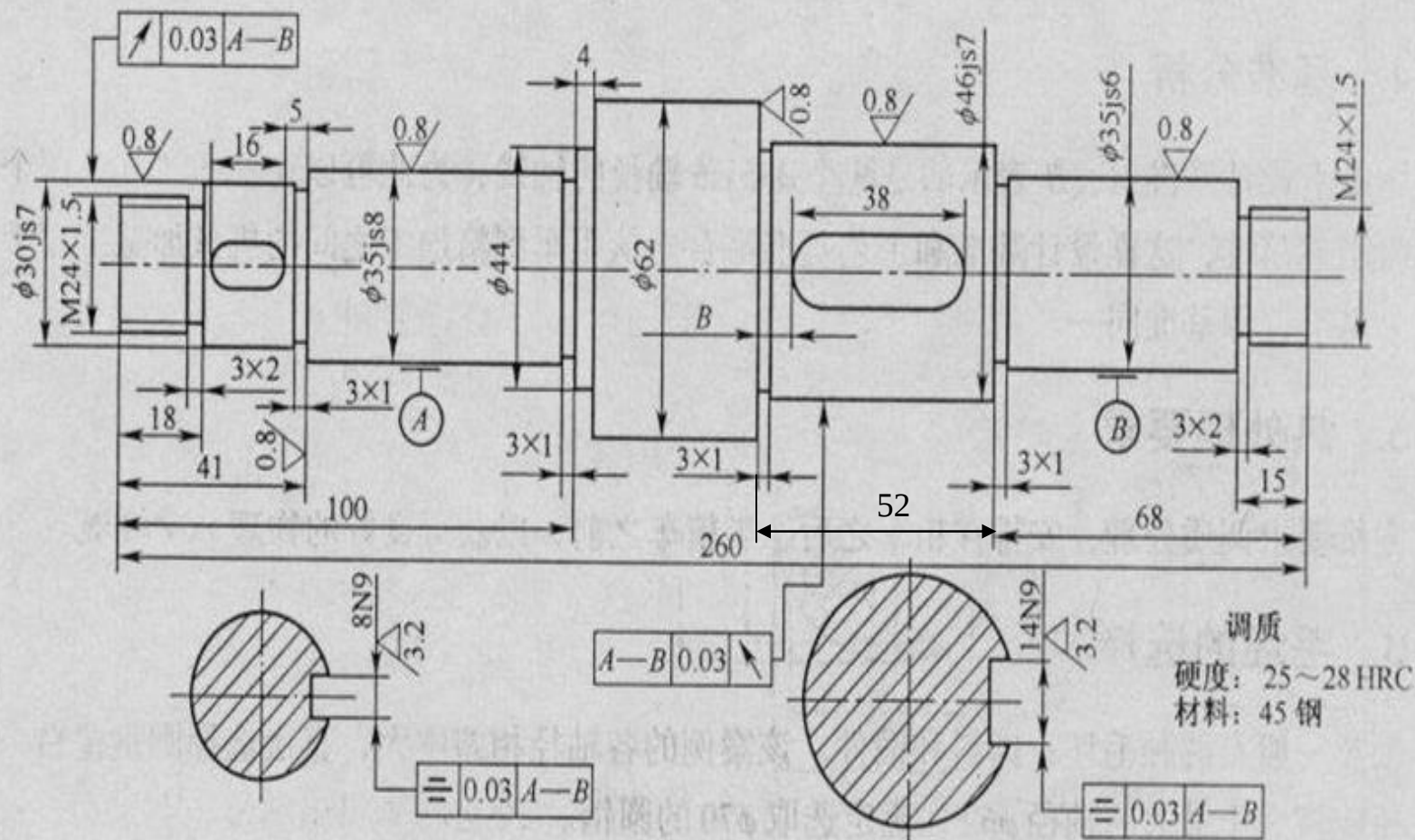


图 9-3 变速箱主轴



9.2.1 确定生产类型

案例 2 中, 变速箱主轴被安排小批量试制, 显然属小批量的生产类型。在工艺文件设计过程中, 单件的生产节拍(分钟/件)不是考虑的主要问题, 也不必组建专用生产线。工艺人员重点在于工艺过程和工艺装备的设计。

9.2.2 轴的工艺性分析

轴的工艺性分析主要是对图纸分析, 其目的是确定主要的加工表面及对应的加工方法。有尺寸精度、几何精度和相互位置精度要求的表面一般为重要的加工表面。此外, 表面粗糙度低的表面也是重要的加工表面。

1. 尺寸精度

$\phi 30js7$ 、 $\phi 35js6$ 、 $\phi 46js7$ 的外圆轴表面有尺寸精度要求, 因此要分粗加工、半精加工和精加工阶段; 粗加工和半精加工在普通外圆车床上加工, 精加工选择磨床。

2. 表面粗糙度

$\phi 30js7$ 、 $\phi 35js6$ 、 $\phi 46js7$ 的外圆轴表面及相应的轴肩的表面粗糙度为 $0.8\mu m$, 这些表面的表面粗糙度值很小, 经济加工方法是磨削加工, 在外圆磨床上进行。

3. 形位精度

圆跳动公差 $\phi 0.03\text{ mm}$ 、键槽的对程度公差 0.03 mm 。

4. 基准分析

图纸上设计基准 A 、 B 表示的是两个 $\phi 35js6$ 轴径的轴线，为此可以在轴的两端钻两个中心孔作为工艺基准，这样设计基准和工艺基准重合。从粗车到精加工之间的机械加工工序都以中心孔为基准，即基准同一。

5. 热处理要求

图纸要求调质处理，安排在粗车之后、半精车之前，以获得良好的物理力学性能。

6. 毛坯的选择

轴类一般有两种毛坯：棒料和锻件。该案例的各轴径相差不大，直接选择圆钢棒料。棒料的直径应该大于最大的轴径 $\phi 62$ ，确定选取 $\phi 70$ 的圆钢。

9.2.3 工艺路线

工艺路线为：下料→车端面钻中心孔→粗车→调质处理→钳→半精车→车螺纹→铣键槽→磨外圆→检验→入库。

9.2.4 工艺文件编制

轴的工艺过程卡如表 9-1 所示。

表 9-1

变速箱主轴工艺过程卡

工序号	工种	工序内容	加工简图	定位基准	设备
1	下料	$\phi 70 \times 260$			锯床
2	锻	自由锻			
3	热	正火			
4	车	三爪卡盘夹持工件, 车端面见平, 钻中心孔, 用尾架顶尖顶住 (一夹一顶), 粗车 3 个台阶, 直径、长度均留 2 mm		外圆 中心孔	车床
		调头三爪卡盘夹持工件另一端, 车端面, 保证总长 262 mm, 钻中心孔, 用尾架顶尖顶住, 粗车另外 4 个台阶, 直径、长度均留 2 mm		外圆 中心孔	车床
5	热	调质处理 24~28HRC			
6	钳	修研两端中心孔			

工序号	工种	工序内容	加工简图	定位基准	设备
7	车	双顶尖装夹 半精车 3 个台阶, 螺纹大径 $\phi 24_{-0.20}^{-0.10}$, 其余两个台阶直径上留余量 0.6 mm, 车槽, 倒角		外圆 中心孔	车床
		调头, 双顶尖装夹, 半精车其余台阶, $\phi 44$ 及 $\phi 62$ 台阶车到图纸尺寸, 螺纹大径 $\phi 24_{-0.20}^{-0.10}$, 其余两个台阶直径上留余量 0.6 mm, 车槽, 倒角		外圆 中心孔	车床
		双顶尖装夹, 车一端螺纹到尺寸, 调头, 双顶车另一端螺纹到尺寸		外圆 中心孔	车床
8	钳	画两个键槽线			
9	铣	铣两个键槽, 深度比图纸多 0.25 mm, 以备磨削余量			铣床
10	钳	修研两端中心孔			
11	磨	磨右边 $\phi 35js6$ 、 $\phi 46js7$, 靠磨 $\phi 46js7$ 右端面, 靠磨 $\phi 62$ 右端面, 调头, 磨另一 $\phi 35js6$ 、 $\phi 36js7$, 靠磨 $\phi 35js6$ 左端面			磨床
12	检	检验			

9.2.5 关键工艺过程的程序分析

第9章 附表.doc

(1) 下料

选择在带锯床上切断, 保证长度 $264 \pm 1 \text{ mm}$ 。在轴的两端留加工余量的原因是锯床切割后, 两端面不平整, 查附表 12 通常情况下每端留大约 2 mm。

(2) 车端面钻中心孔

车端面的进给量查附表 1, 可以选取约 0.7 mm/r 。

(3) 粗车

粗车 3 个台阶, 直径、长度的加工余量分别查附表 3 和附表 4, 可以确定均留 2 mm。调头车削另外 4 个台阶, 同样直径、长度的加工余量均留 2 mm。

(4) 钳

修研两端中心孔。调质处理和工件转运过程中, 有可能使得中心孔热变形或者磕碰变形。诸如变速箱内等高速旋转的轴, 在热处理之后最好修研一下中心孔, 对于低速或者不重要的轴, 也可以省去这个工序。

(5) 半精车

采用双顶尖装夹车削台阶, 可以使后面的磨外圆工序的切削余量沿直径方向均匀分布, 有利于保证加工精度。查附表 5 可知直径方向上加工余量留 0.5 mm。螺纹部分的直径公差取

(6) 铣键槽

键槽的深度尺寸,可以通过计算工艺尺寸链的方式确定。图 9-4 所示为该工序的键槽深度工艺尺寸链图,封闭环尺寸 $A_0 = 41.5_{-0.20}^0$, 键槽的深度尺寸为 A_1 。由工艺尺寸链可以计算得到 $A_1 = 41.75_{-0.206}^{-0.0185}$ 。查附表 6 和附表 7 可以选铣削用量每齿进给量约 0.03 mm/r, 铣削速度约 20 m/min。

(7) 磨外圆

该工序主要涉及砂轮型号和磨削用量的选择。查附表 8 选择磨料为刚玉, 粒度为 F60~F100 之间, 硬度为 L~N 之间的砂轮。磨削用量查附表 9 和附表 10。

(8) 检验

检验每一个尺寸,尤其要重点检验有尺寸精度和形位公差要求的项目,均满足图纸要求时,合格。

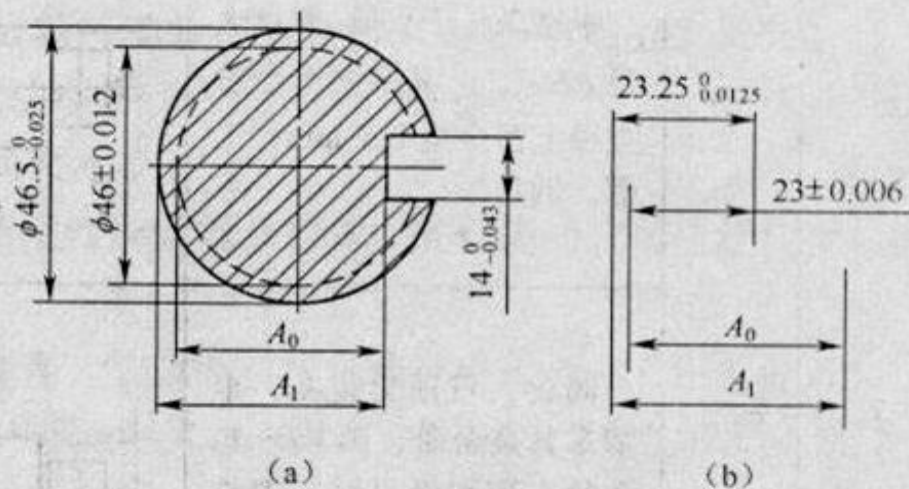
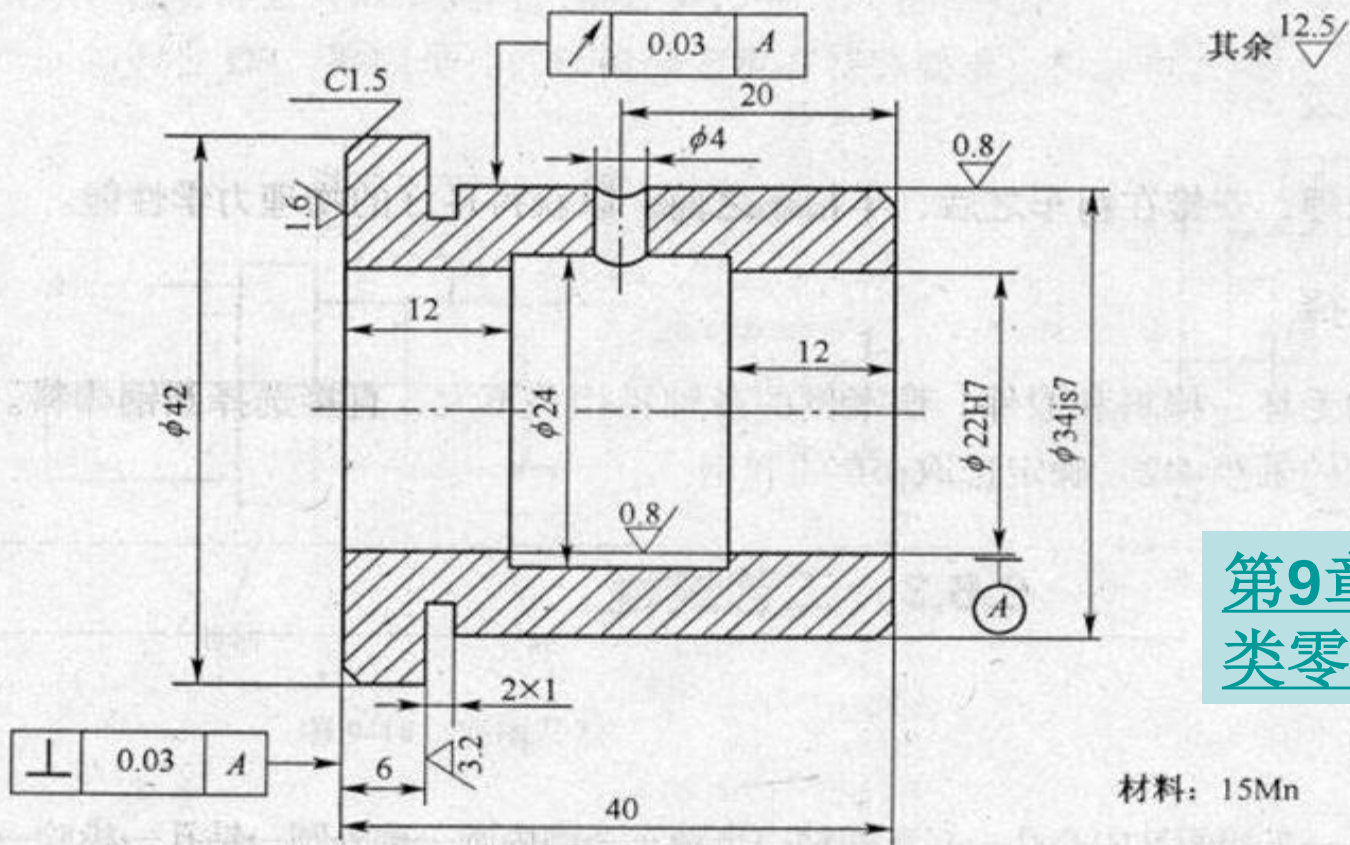


图 9-4 键槽工艺尺寸链图



案例2 轴承套的加工

图 9-13 所示为某企业新产品轴承套的零件图,先小批量试制以检验其性能,试安排加工工艺。



第9章 案例2 套筒 类零件的加工.doc

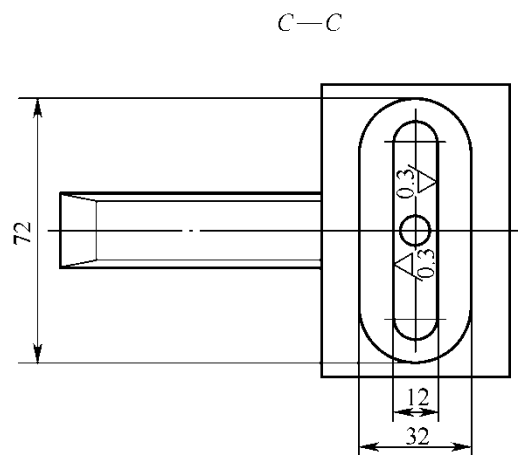
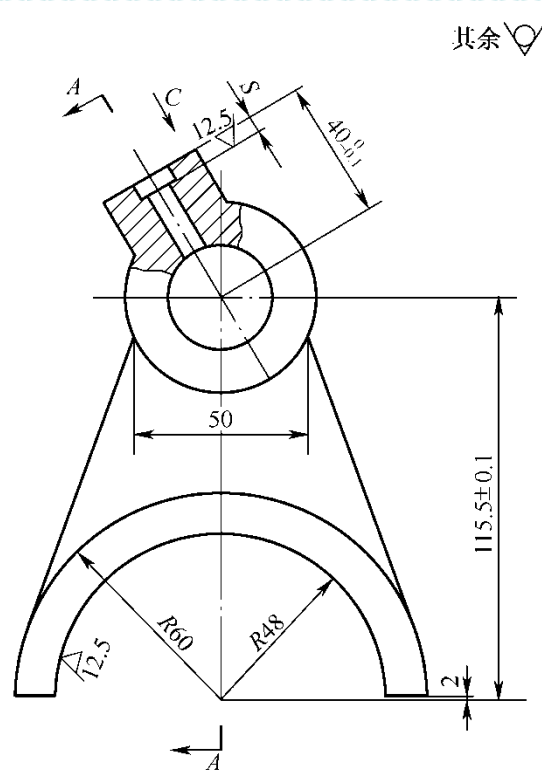
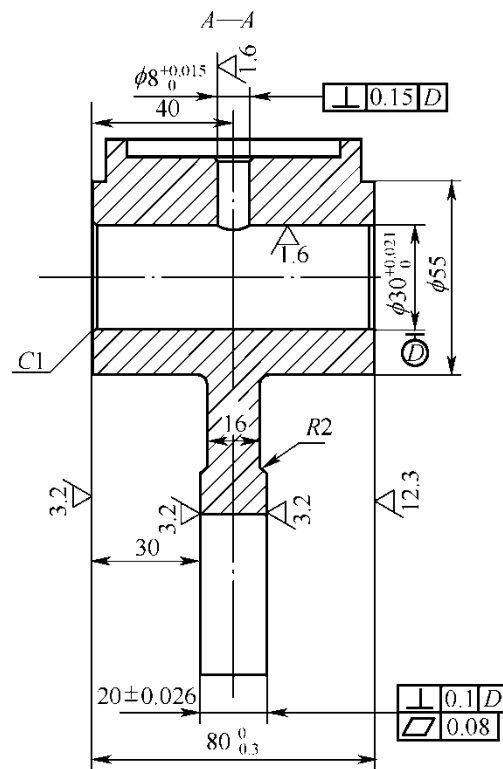
材料: 15Mn

9.1 零件机械 加工工艺过程 的实施方法

1、从图样所示的零件结构及标注看，零件加工表面多，某些尺寸精度、形位精度及表面质量要求高，因此，该零件不可能用单一的加工方法完成加工。

2、零件的机械加工
工艺过程卡片。

3、零件的机械加工
工序卡片



未注圆角R3
未注倒角C3

1、工艺规程：指规定产品或零部件的制造工艺过程和操作方法等的工艺文件。

生产上用来说明工艺规程的工艺文件主要有机械加工工艺过程卡片和机械加工工序卡片，如表9-1、表9-2所示。

2、零件的机械加工工艺过程卡片，是说明零件的整个工艺过程应如何进行的一种工艺文件，卡片上一般应注明产品的名称分型号，零件的名称与图号，毛坯的种类与材料，工序的序号、名称及内容，完成各工序的车间，所用的机床和工艺装备，以及工时定额等。

3、零件的机械加工工序卡片，是在工艺过程卡片的基础上，按每道工序所编制的一种工艺文件。卡片上详细地说明了工序的内容和进行步骤，绘有工序简图，注明了该工序的定位基准和工件的装夹方式，加工表面及工序尺寸和公差，加工表面的粗糙度和技术要求，刀具的类型及其位置，进刀方向和切削用量等。



9.1.1 零件机械加工工艺规程设计的内容及步骤

1. 根据零件图和产品装配图，对零件进行工艺分析
2. 对零件图和装配图进行工艺审查
3. 由产品的年生产纲领研究确定零件生产类型
4. 确定毛坯种类和制造方法
5. 拟订工艺路线
 - (1) 选择定位基准。
 - (2) 表面加工方法的选择。
 - (3) 加工阶段的划分。
 - (4) 工序的集中与分散。
 - (5) 工序先后顺序的安排。
 - (6) 机床设备与工艺装备的选择。
6. 工序内容设计



9.1.1 机械加工工艺规程设计的内容及步骤

1. 根据零件图和产品装配图，对零件进行工艺分析

对零件的技术要求分析，应包括以下内容。

（1）掌握零件的结构形状、材料、硬度及热处理等情况，了解该零件的主要工艺特点，构想有针对性的工艺方案。

（2）分析零件上有哪些表面需要加工，以及各加工表面的尺寸精度、形状精度、位置精度、表面粗糙度及热处理等方面的技术要求；明确哪些表面是主要加工表面，哪些表面是难加工表面，以便在选择加工方法及拟定工艺路线时重点考虑。



2. 对零件图和装配图进行工艺审查

(1) 审查图样上的视图、尺寸公差和技术要求是否正确，应统一、完整。

(2) 对零件设计的结构工艺性进行评价，看是否有利于机械加工、装配、热处理及毛坯制造等方面。如发现有不合理之处应及时提出，并同有关设计人员商讨图样修改方案，报主管领导审批。

3. 由产品的年生产纲领研究确定零件生产类型

不同的生产类型有着完全不同的工艺特征，根据计算求得的零件的年生产纲领，查表确定零件生产类型，在制订工艺规程时应充分考虑其工艺特征。



4. 确定毛坯种类和制造方法

提高毛坯制造质量，降低机械加工成本，要根据零件生产类型和毛坯制造的生产条件综合考虑。

(1) 确定毛坯种类。机械加工中毛坯的种类很多，如铸件、锻件、型材、挤压件、冲压件及焊接组合件等，同一种毛坯又可能有不同的制造方法。最常用的毛坯是铸件和锻件。形状复杂的毛坯，如箱体、机架、底座等宜采用铸件。用于铸造的材料有灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、铸钢、有色金属合金等。多数铸件采用砂型铸造；锻件毛坯由于能获得纤维组织结构的连续性和均匀分布，从而可提高零件的强度，所以适用于强度要求高、形状比较简单的零件毛坯。锻造材料主要是各种碳钢与合金钢，锻造方法主要有自由锻造和模锻。自由锻毛坯精度低，加工余量大，生产效率低，适合单件；小批量生产，模锻毛坯精度高，加工余量小、生产效率高，适合大批大量生产。

(2) 选择毛坯制造方法考虑因素。如材料的工艺性能，毛坯的尺寸、形状和精度要求，零件的生产纲领，现有生产条件等。



5. 拟订工艺路线

拟订工艺路线是设计工艺规程最为关键的一步，需顺序完成以下几个方面的工作：选择定位基准，确定各表面加工方法，划分加工阶段，确定工序集中和分散程度，确定工序顺序等。

在拟定工艺路线时，需同时提出几种可能的加工方案，然后通过技术、经济分析，最后确定一种最为合理的工艺方案。

(1) 选择定位基准。

粗基准：用毛坯上未经加工的表面作为定位基准，这种定位基准称为粗基准。

精基准：用加工过的表面作为定位基准，这种定位基准称为精基准。

在选择定位基准时一般都是先根据零件的加工要求选择精基准，然后再考虑用哪一组表面作为粗基准才能把精基准加工出来。



选择精基准一般应遵循以下几项原则。

- ① 基准重合原则：应尽可能选择所加工表面的工序基准为精基准，这样可以避免由于基准不重合引起的定位误差。
- ② 统一基准原则：应尽可能选择用同一组精基准加工工件上尽可能多的表面，以保证所加工的各个表面之间具有正确的相对位置关系。
- ③ 互为基准原则：当工件上两个加工表面之间的位置精度要求比较高时，可以采用两个加工表面互为基准的方法进行加工。
- ④ 自为基准原则：一些表面的精加工工序，要求加工余量小而均匀，常以加工表面自身为精基准进行加工。



选择粗基准一般应遵循以下几项原则

① 保证零件加工表面相对于不加工表面具有一定位置精度的原则：被加工零件上如有不加工表面应选不加工面作为粗基准，这样可以保证不加工表面相对于加工表面具有一定的相对位置关系。如图9-2所示，选不加工面外圆1为粗基准，可保证加工后内孔2和外圆1同轴。

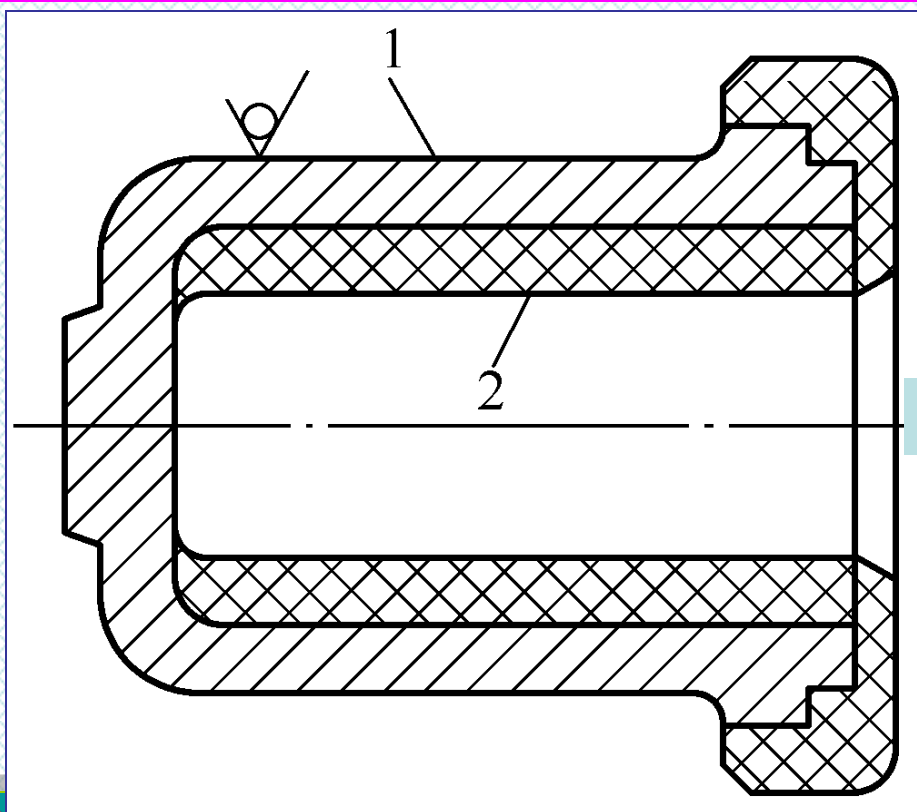


图9-2 选外圆1为粗基准



② 合理分配加工余量的原则：从保证重要表面加工余量均匀考虑，应选择重要表面作为粗基准，**床身导轨面加工就是一个很好的实例**，如图9-3所示。在床身零件中，导轨面是最重要的表面，它不仅精度要求高，而且要求导轨面具有均匀的金相组织和较高的耐磨性。由于在铸造床身时，导轨面是倒扣在砂箱的最底部浇铸成型的，导轨面材料质地致密，砂眼、气孔相对较少，因此要求在加工床身时，导轨面的实际切除量要尽可能地小而均匀；故应选导轨面作为粗基准加工床身底面，然后再以加工过的床身底面作为精基准加工导轨面。这样做可以保证从导轨面上切除的加工余量少而均匀。

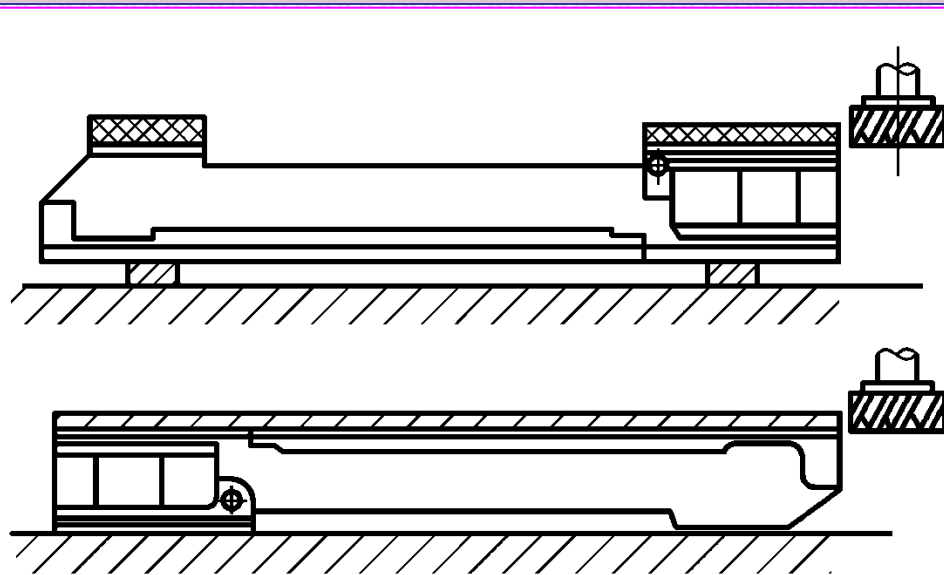


图9-3 床身导轨面加工

③ 便于装夹的原则：为使工件定位稳定，夹紧可靠，要求所选用的粗基准尽可能平也光洁，不允许有锻造飞边、铸造浇冒口切痕或其他缺陷，并有足够的支承面积。

④ 粗基准在同一尺寸方向上一般不得重复使用的原则：粗基准通常在同一尺寸方向上只允许使用一次，这是因为粗基准一般都很粗糙，重复使用同一粗基准所加工的两组表面之间的位置误差会相当大，所以，粗基准一般不得重复使用。

上述4项选择粗基准的原则，有时不能同时兼顾，只能根据主次抉择。



(2) 表面加工方法的选择。

机器零件的结构形状多种多样，但都是由一些最基本的几何表面（外圆、孔、平面等）组成，同一种表面可以选用各种不同的加工方法加工，但每种加工方法的加工质量、加工时间和所花费的费用却是各不相同的。工程技术人员就是要根据具体加工条件（生产类型、设备状况、工人的技术水平等）选用最适当的加工方法，加工出合乎图样要求的机器零件。

在选择加工方法时，一般总是首先根据零件主要表面的技术要求和工厂具体条件，先选定该表面终加工工序加工方法，然后再逐一选定该表面各有关前导工序的加工方法。主要表面的加工方案和加工方法选定之后，再选定次要表面的加工方案和加工方法。

常用外圆表面加工方案、孔加工方案、平面加工方案经济精度和表面粗糙度可查阅手册选择。



(3) 加工阶段的划分

当零件的加工质量要求较高时，一般都要经过粗加工、半精加工和精加工3个阶段；如果零件的加工精度要求特别高，表面粗糙度要求特别小时，还要经过精整和光整加工阶段。

① 粗加工阶段：高效地切除加工表面上的大部分余量，使毛坯在形状和尺寸上接近成品零件。

② 半精加工阶段：切除粗加工后留下的误差，使被加工工件达到一定精度，为精加工做准备，并完成一些次要表面的加工，例如，钻孔、攻螺纹、铣键槽等。

③ 精加工阶段：保证各主要表面达到零件图规定的加工质量要求。

④ 精整和光整加工阶段：对于精度要求很高（IT5以上），表面粗糙度值要求很小（ $Ra < 0.2 \mu m$ ）的表面，尚需安排精整和光整加工阶段。



(4) 工序的集中与分散

确定加工方法之后，就要按零件加工的生产类型和工厂（车间）具体条件确定工艺过程的工序数。确定零件加工过程工序数有两种截然不同的原则，一种是工序集中原则，另一种是工序分散原则。按工序集中原则组织工艺过程，就是使每个工序所包括的加工内容尽量多些，组成一个集中工序。最大限度的工序集中，就是在一个工序内完成工件所有表面的加工。按工序分散原则组织工艺过程，就是使每个工序所包括的加工内容尽量少些。最大限度的工序分散就是使每个工序只包括一个简单工步。

按工序集中原则和工序分散原则组织工艺过程各有特点，生产上都有应用。



(5) 工序先后顺序的安排

机械加工工序先后顺序的安排，一般应遵循以下几个原则。

- ① 先加工定位基面，再加工其他表面。
- ② 先加工主要表面，后加工次要表面。
- ③ 先安排粗加工工序，后安排精加工工序。
- ④ 先加工平面，后加工孔。



热处理工序及表面处理工序的安排如下

- 1、为改善工件材料切削性能安排的热处理工序，例如退火、正火、调质等，应在切削加工之前进行。
- 2、为消除工件内应力安排的热处理工序，例如人工时效、退火等，最好安排在粗加工阶段之后进行；为了减少机械加工车间与热处理车间之间的运输工作量，对于加工精度要求不高的工件也可安排在粗加工之前进行。
- 3、为改善工件材料力学性能的热处理工序，例如淬火、渗碳淬火等，一般都安排在半精加工和精加工之间进行，
- 4、为提高工件表面耐磨性、耐蚀性安排的热处理工序以及以装饰为目的而安排的热处理工序，例如镀铬、镀锌、发兰等，一般都安排在工艺过程的最后阶段进行。
- 5、检验工序的安排，例如中间检验，安排在粗加工阶段后进行；或在转出车间前，关键工序之前或之后进行。
- 6、零件在进入装配之前，一般都应安排清洗工序。



（6）机床设备与工艺装备的选择

所选机床设备的尺寸规格应与工件的形体尺寸相适应，机床精度等级应与本工序加工要求相适应，电动机功率应与本工序加工所需功率相适应，机床设备的自动化程度和生产效率应与工件生产类型相适应。

工艺装备的选择将直接影响工件的加工精度、生产效率和制造成本，应根据不同情况适当选择。在中小批生产条件下，应首先考虑选用通用工艺装备（包括夹具、刀具、量具和辅具）；在大批大量生产中，可根据加工要求设计制造专用工艺装备。



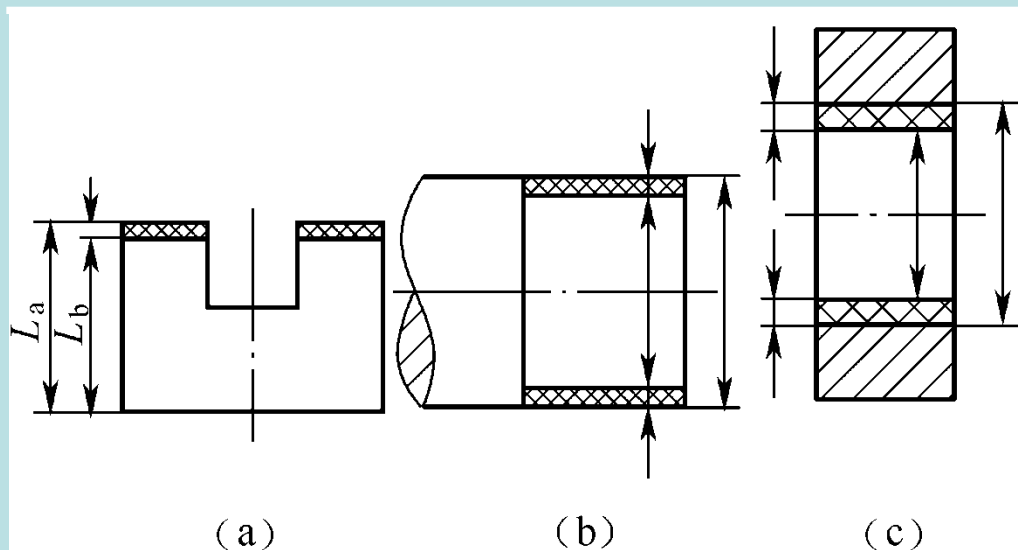
6. 工序内容设计

工序内容设计涉及加工余量确定，工序尺寸及公差计算，切削用量选择，工时定额等方面问题。

(1) 加工余量的确定。用去除材料的方法制造机器零件时，一般都要从毛坯上切除一层层材料之后最后才能制得符合图样规定要求的零件。毛坯上留做加工用的材料层，称为加工余量。某加工表面上切除金属层的总厚度，称为该表面的总余量。每道工序切除金属层的厚度，称为工序余量。余量有单面余量和双面余量。

单边余量：如图（a）所示，平面上的余量或非对称的单边余量。

双边余量：如图（b）、（c）所示，回转表面上的余量，对称的双边余量。



确定加工余量的基本原则是：在保证加工质量的前提下越小越好。实际加工时可查阅金属切削手册选取。

确定加工余量的方法有**3种**：凭**经验估计法、查表法和计算法**。实际加工常用前两种方法。

(2) 工序尺寸及其公差的确定。工序尺寸是工件在加工过程中各工序应保证的加工尺寸。因此，正确地确定工序尺寸及其公差，是制订工艺规程的一项重要工作。

当定位基准、工序基准和设计基准重合（无基准转换）时，同一表面多次加工的工序尺寸只与工序（或工步）的加工余量有关。当定位基准和工序基准不重合或工序尺寸尚需从继续加工的表面标注时，工序尺寸应用工艺尺寸链解算。

确定工序尺寸一般的方法是，由加工表面的最后一道工序尺寸（按图样给出的设计尺寸）开始依次向前推算，直到毛坯尺寸。工序尺寸的公差按各工序的经济精度确定，并按“入体原则”确定上、下偏差，即轴的上偏差取为零，孔的下偏差取为零。

第9章 工序尺寸及其公差确定.doc



(3) 切削用量的确定。按教材前几章所述各种加工方法切削用量的确定方法，确定各工序（或工步）的切削用量。

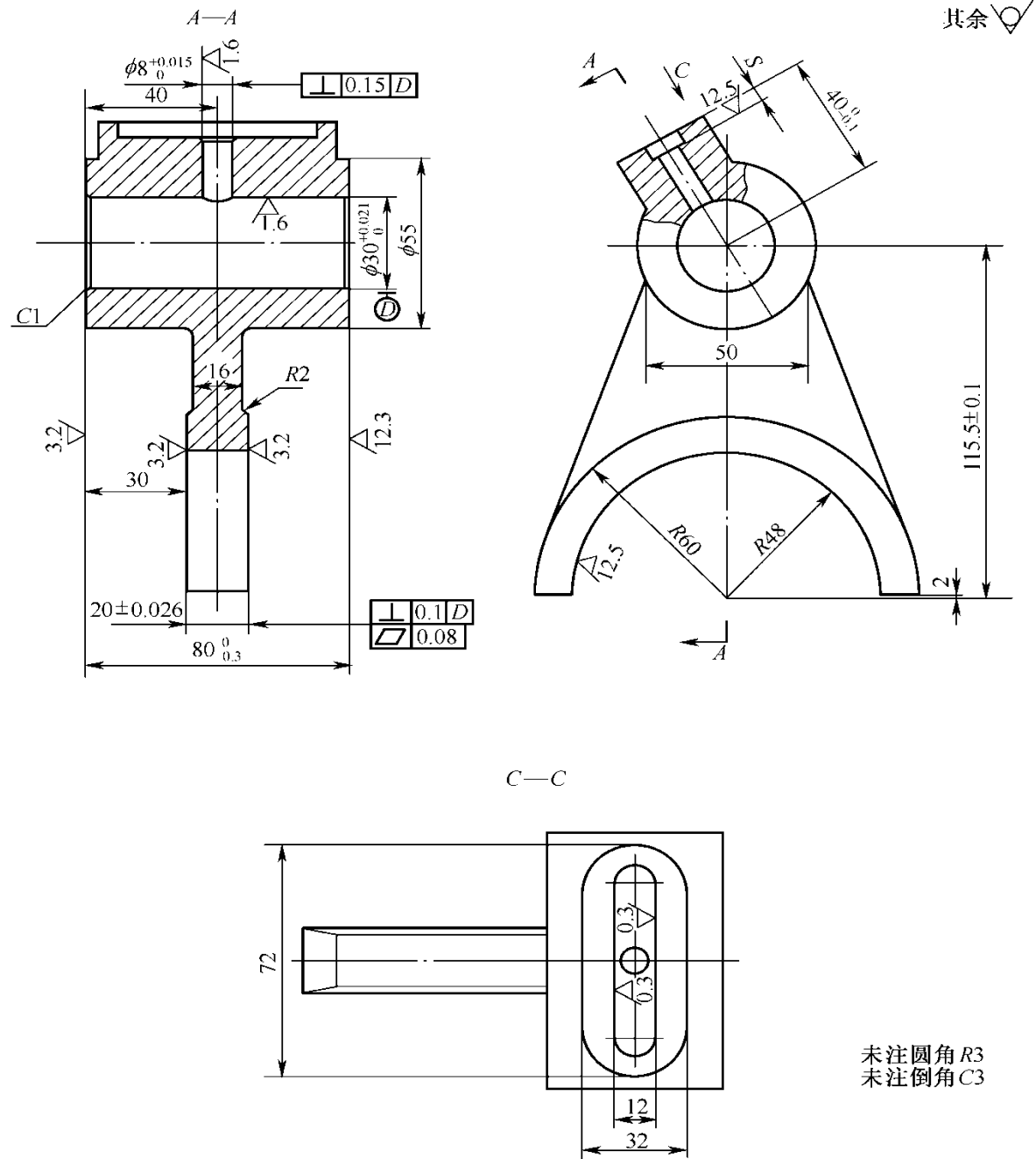
(4) 工时定额的确定。完成某一工序所规定的时间，称为工时定额。工时定额是安排生产计划，进行工艺成本统计分析的依据，参见前几章相关内容。

通过以上对制订机械加工工艺规程的综合论述表明，一个零件，实施机械制造过程的第一步，就是根据现有生产条件，制订一套保证零件加工精度、生产效率高，加工成本合理的机械加工工艺规程，并以此为依据，指导各个环节的生产加工。



9.1.2 制订 拨叉零件的 机械加工工艺 规程

案例3 图9-1所示为某拖拉机上使用的拨叉零件。已知：零件材为45钢，重量为4.5kg，年产量为8000台/年（每台1件）。试制订拨叉零件的机械加工工艺规程。



1. 拨叉的工艺分析

(1) 了解拨叉零件的用途。(2) 熟悉拨叉零件技术要求及对使用性能的影响。(3) 审查拨叉的工艺性。(4) 确定拨叉的生产类型

2. 确定毛坯, 绘制毛坯简图

(1) 选择毛坯类型。(2) 绘制拨叉锻造毛坯简图。

3. 拟定拨叉工艺路线

(1) 定位基准的选择。

① 精基准的选择。② 粗基准的选择。

(2) 表面加工方法的确定。

(3) 加工阶段的划分。

(4) 工序的集中与分散。

(5) 工序顺序的安排。

① 机械加工工序的安排② 热处理工序的安排。③ 辅助工序的安排。

(6) 确定工艺路线。在综合考虑上述工序顺序安排原则的基础上, 确定拨叉的工艺路线4. 机床设备、工装的选用

5. 工序内容设计

(1) 加工余量、工序尺寸及公差的确定。

(2) 切削用量的计算。

(3) 时间定额的计算。

将上述零件工艺规程的计算结果填入工艺文件, 如表9-1、表9-2所示

第9章 拨叉零件的机械加工工艺规程案例.doc



9.2 影响零件加工精度的因素及控制方法

零件在加工工艺过程的每个环节，工程技术人员及操作人员都应对零件的加工精度实时监控，如果发现加工环节出现较大的加工误差，应及时分析误差产生原因，制订出解决问题的具体办法。

9.2.1 影响机械加工精度的因素如下。

- (1) 工艺系统的几何误差，包括机床、夹具和刀具等的制造误差及其磨损。
- (2) 工件装夹误差。
- (3) 工艺系统受力变形引起的加工误差。
- (4) 工艺系统受热变形引起的加工误差。
- (5) 工件内应力重新分布引起的变形。
- (6) 其他误差，包括原理误差、测量误差、调整误差等。



1. 机床的几何误差

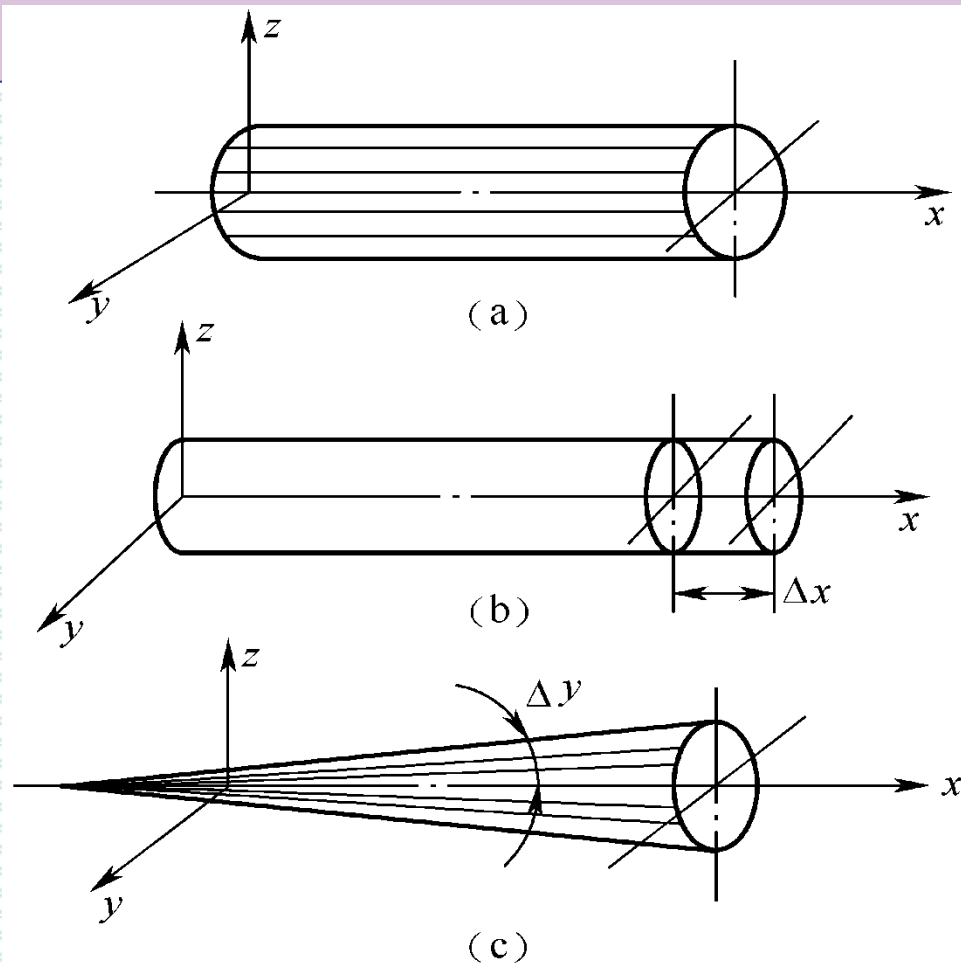
加工中，刀具相对于工件的成型运动，通常都是通过机床完成的。工件的加工精度在很大程度上取决于机床的精度。

机床制造误差中对工件加工精度影响较大的误差有：主轴回转误差、导轨误差和传动误差。

(1) 主轴回转误差。主轴回转误差是指主轴实际回转轴线相对于平均回转轴线的变动量。

机床主轴是用来装夹工件或刀具，并将运动和动力传给工件或刀具的重要零件，主轴回转误差将直接影响被加工工件的形状精度和位置精度。

主轴回转误差分为径向圆跳动、轴向圆跳动和角度摆动3种基本形式，如图9-9所示



导轨在水平面内的直线度误差对加工精度的影响如图9-10所示，

(2) 导轨误差。导轨是机床中确定各主要部件相对位置关系的基准，是实现直线运动的主要部件，其制造和装配精度是影响直线运动的主要因素，直接影响工件的加工质量。

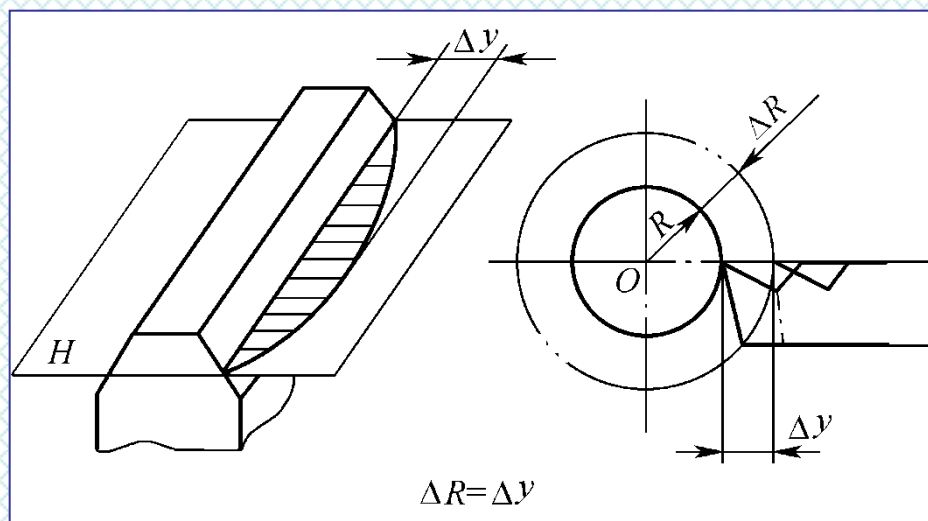


图9-10 导轨在水平面内的直线度误差对加工精度的影响

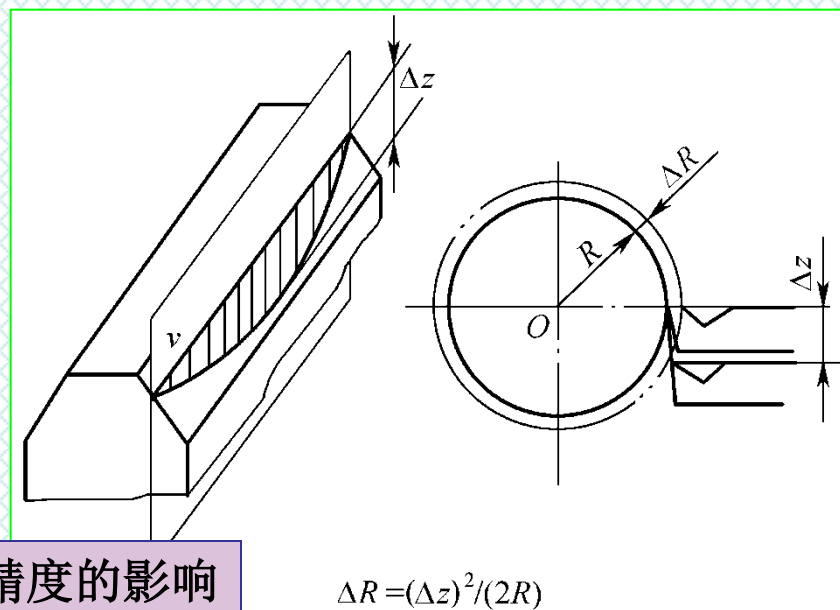


图9-11 导轨在垂直面内的直线度误差对加工精度的影响



导轨间的平行度误差对加工精度的影响如图9-12所示，

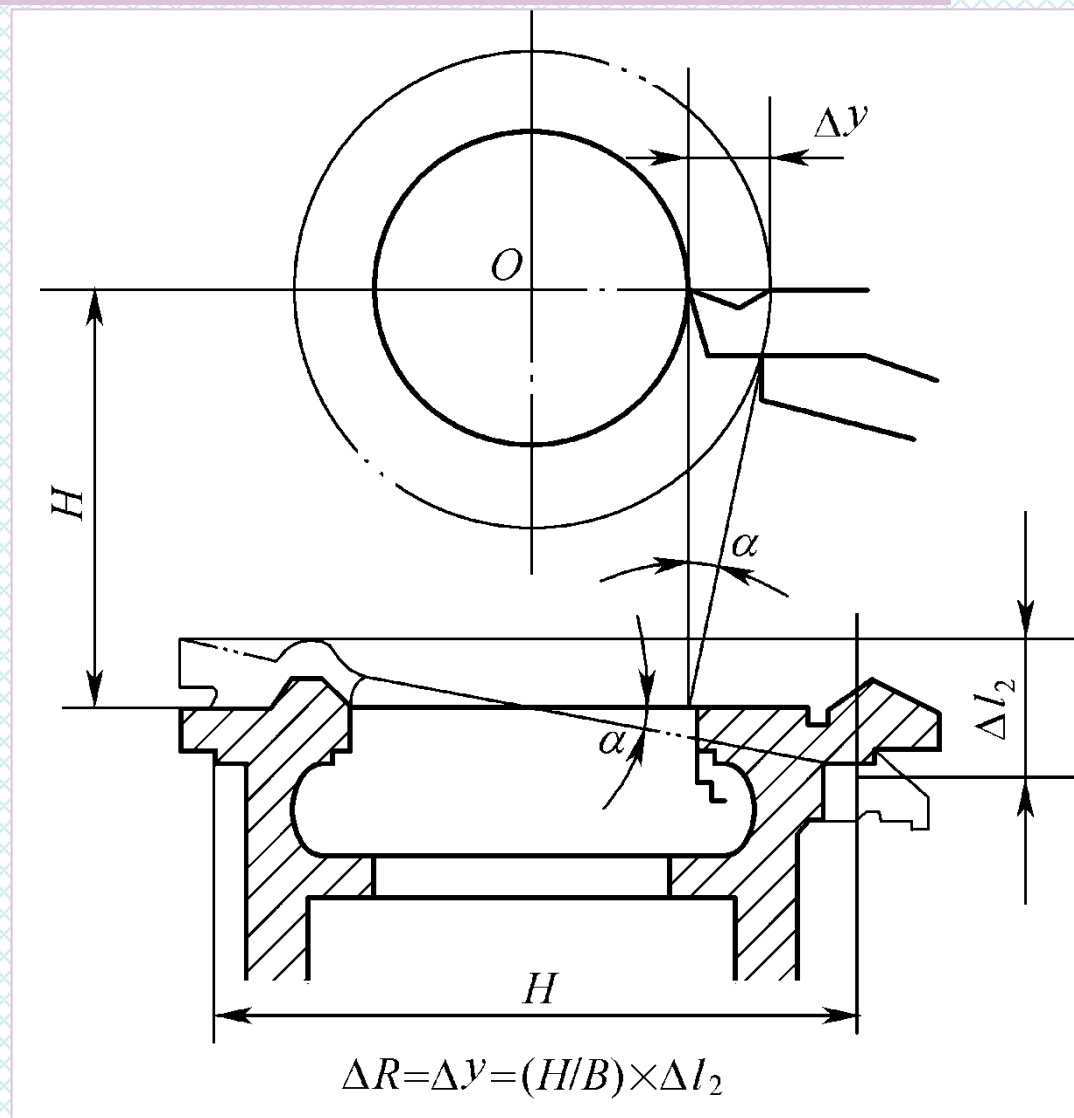


图9-12 导轨面间的平行度误差对加工精度的影响



2. 刀具的几何误差

刀具误差对加工精度的影响随刀具种类的不同而不同。采用定尺寸刀具（例如钻头、铰刀、键槽铣刀、圆拉刀等）加工时，刀具的尺寸误差和磨损将直接影响工件尺寸精度。采用成型刀具（例如成型车刀、成型铣刀、齿轮模数铣刀、成型砂轮等）加工时，刀具的形状误差和磨损将直接影响工件的形状精度。对于一般刀具（例如车刀、铣刀等），其制造误差对工件加工精度无直接影响。

选用新型耐磨刀具材料，合理选用刀具几何参数和切削用量，正确刃磨刀具，正确采用冷却润滑液等，均可减少刀具的尺寸磨损。必要时，还可采用补偿装置对刀具尺寸磨损进行自动补偿。采用调整法加工时，应根据刀具的耐用度合理确定加工工件数量，避免刀具磨损对工件尺寸的影响。



3. 工艺系统受力变形引起的加工误差

(1) 工艺系统刚度

(2) 切削力作用位置变化对加工精度的影响

减少工艺系统受力变形的措施有以下几方面。

- ① 采用合理的工艺结构。尽量减少连接面数目，合理确定长径比，对于基础件和支承件，合理选择截面形状。
- ② 提高刀具和工件的刚度，采用合理的装夹方式。
- ③ 提高接触刚度。通过刮研、精磨等方法，提高机床连接部件的有效接触面积，提高工件定位面和定位元件的配合质量，采用小间隙，预紧等措施，可有效提高接触刚度。
- ④ 减小载荷及其变化。合理选择刀具几何参数、切削用量以减小切削力。



4.工艺系统热变形引起的加工误差

(1) 工件的均匀受热

(2) 工件不均匀受热

(3) 刀具热变形对加工精度的影响

(4) 机床热变形对加工精度的影响

5. 内应力及其对加工精度的影响



9.3 机械加工表面质量的控制措施

9.3.1 如何评价一个高质量的加工表面

9.3.2 机械加工表面质量对机器使用性能的影响

1. 表面质量对耐磨性的影响

(1) 表面粗糙度对耐磨性的影响。

(2) 表面纹理方向对耐磨性的影响。

(3) 表面冷作硬化对耐磨性的影响。

2. 表面质量对零件疲劳强度的影响

3. 表面质量对抗腐蚀性能的影响

4. 表面质量对零件配合性质的影响

因此，有配合要求的表面一般都要求有适当小的表面粗糙度，配合精度越高，要求配合表面的粗糙度越小。



9.3.3 影响加工表面质量的主要因素及其控制措施

影响加工表面质量的主要因素有两方面：一是影响加工表面粗糙度的主要因素；二是影响加工表面物理力学特性的主要因素。

1. 影响加工表面粗糙度的主要因素及其控制措施

(1) 影响表面粗糙的主要原因：

(2) 减小表面粗糙度的加工方法：

2. 影响加工表面物理力学特性的主要因素及其控制措施

(1) 表面层材料的加工硬化。

(2) 表面层材料金相组织变化与磨削烧伤。

(3) 表面层残余应力。





习 题

1. 简述机械加工工艺规程的制订原则、步骤和内容。
2. 机械加工工艺过程卡片和工序卡片的区别是什么？简述它们的应用场合。
5. 精、粗基准的选择原则有哪些？



结

束

主讲 机电工程学院教师

副教授

高级工程师

周锦添



