



武汉理工大学
wuhan university of technology

金属工艺学

多媒体课件



第21章 机械加工工艺的基本知识

主要内容

1

21.1 基本概念

2

21.2 毛坯的选择

3

21.3 工件的安装和夹具

4

21.4 工艺过程的制定

5

21.5 典型零件加工工艺过程实例

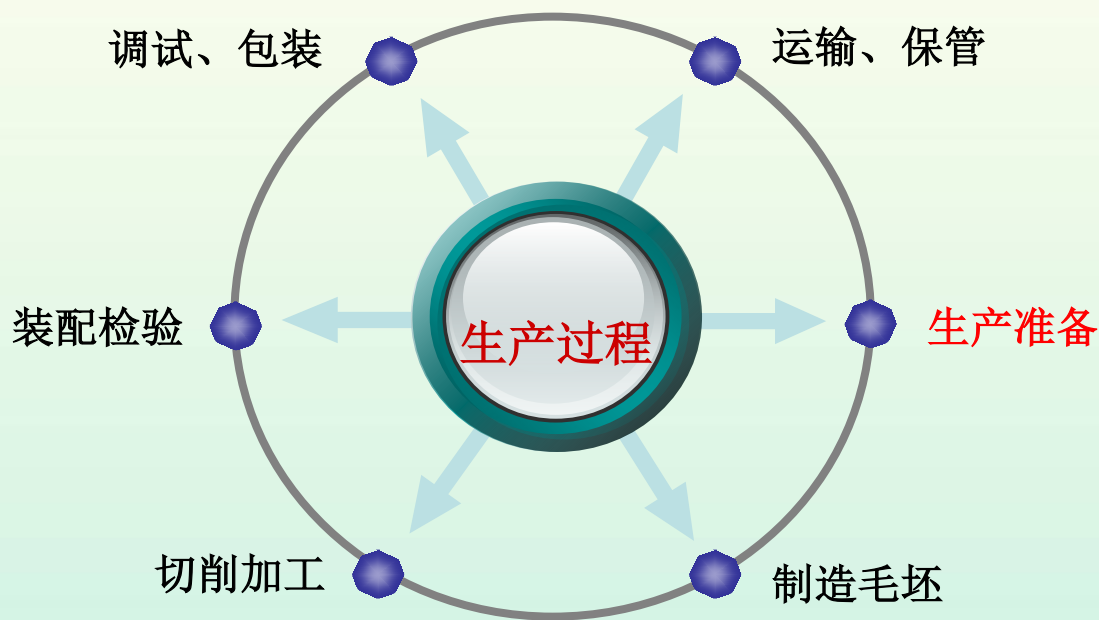
本章重难点

- 1、各定位元件分别限制了哪几个自由度
- 2、加工工艺的制定

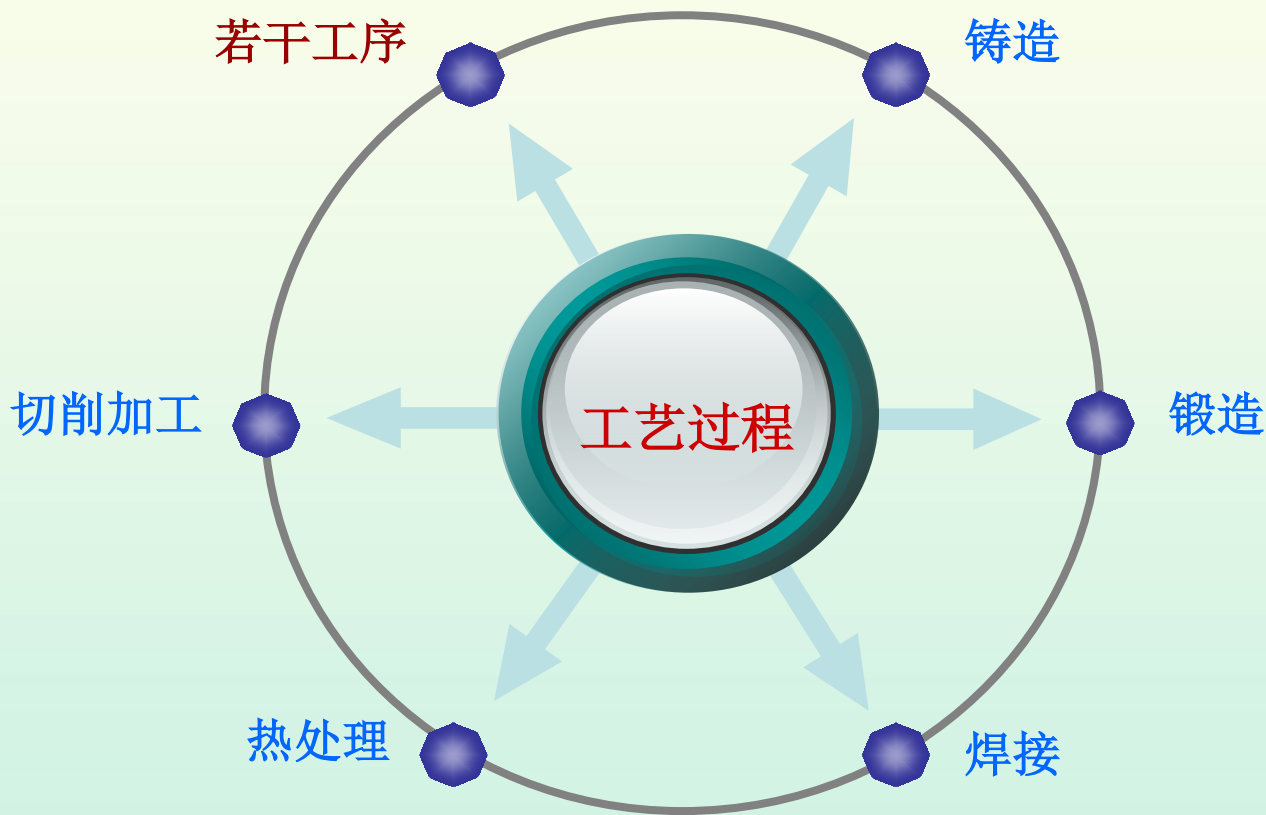
21.1 基本概念

21.1.1 生产过程和工艺过程

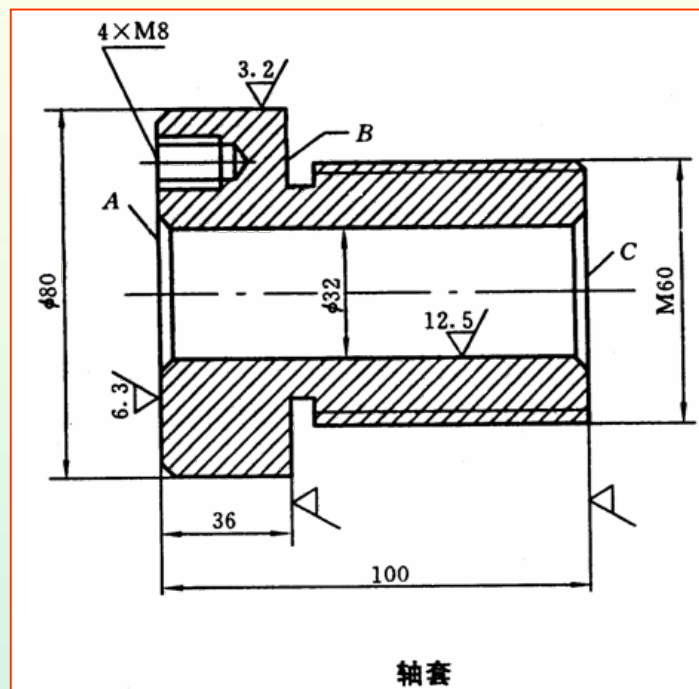
1. **生产过程**: 由原材料到生产出成品的全部劳动过程的总和。



2. 工艺过程:生产过程中直接改变原材料的性能、尺寸和形状使之变成成品的过程。



(1) 工序：工艺过程中，在一个工作地点，对一个或一组工件连续完成的那部分工艺过程。



(2) 安装：是工序的组成部分。在机械加工中，一次装夹所连续完成的那部分工艺过程。

(3) 工位： 为了减少工件安装的次数，常采用各种回转工作台，回转夹具或移位夹具，使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时，工件在机床上占据的每一个位置所完成的那一部分加工过程称为工位。

(4) 工步： 指工件在一个工序内，一次安装中，当加工表面、切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变条件下所完成的那部分工艺过程。

(5) 走刀： 在一个工步内，若被加工表面切去的金属层很厚，需要分几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀，一个工步可包括一次或几次走刀。

21.1.2 生产类型与特征

1. 生产纲领

产品（或零件）的生产纲领，是包括备品和废品在内的该产品（或零件）的年产量。

$$N = Qn(1 + a\% + b\%)$$

式中： N——零件的生产纲领；
Q——产品的生产纲领（台/年）；
n——每台产品中该零件的数量（件/台），
a %——备品的百分率，
b %——废品的百分率。

2. 生产类型

单件生产：单个制造机构或尺寸不同的产品；

成批生产：成批制造相同的工件；

大量生产：一种产品制造数量很多，多数工作地点经常重复地进行一种工件某一工序的加工。

各种生产类型的工艺特征

项 目	单件、小批生产	成 批 生 产	大批、大量生产
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
毛 坯	木模铸造或自由锻	部分采用金属模造型和模锻	广泛采用金属模、机器造型、模锻及其它高生产率方法
设 备	通用机床	通用机床或部分专用机床	广泛使用高效专用机床和自动机床
工艺装备	一般刀具,通用量具和万能夹具	广泛使用专用夹具,部分采用专用刀具和量具	广泛使用高效专用夹具、专用刀具和量具
对工人技术要求	需要技术熟练工人,边试切边度量	需要比较熟练的工人,在调整好的机床上工作	操作工技术要求较低,使用调整好的自动化程度高的机床或自动线
工艺文件	编写简单工艺过程卡	详细编写工艺卡	详细编写工艺卡和工序卡

21.1.3 制订零件机械加工工艺规程的原则、内容及步骤

1. 工艺规程的作用

工艺规程是将零件机械加工工艺过程的有关内容，用文件的形式写出来。

2. 制定工艺规程的原则

制定工艺规程的原则是，在一定的生产条件下，以最少的劳动消耗和最低的费用，按计划规定的时间，可靠地加工出符合图样及技术要求的零件。

3. 制定工艺规程的内容和步骤

- (1) 零件图的研究与工艺分析
- (2) 确定生产类型
- (3) 确定毛坯的种类和尺寸
- (4) 选择定位基准和主要表面加工方法
- (5) 拟定零件加工的工艺路线
- (6) 确定各工序尺寸及公差
- (7) 确定各工序的设备、刀具、夹具、量具和其它辅助工具
- (8) 确定切削用量和工时定额
- (9) 确定各主要工序的技术要求及检验方法
- (10) 填写工艺文件

21.2 毛坯选择的一般原则

21.2.1 材料的使用性能原则

1. 零件使用条件与失效形式分析

零件使用条件应根据产品的功能和零件在产品中的作用进行分析。机械零件在使用过程中会因某种性能不足而出现相应形式的失效。因此可根据零件的失效形式，分析得出起主导作用的使用性能，并以此作为选材的主要依据。

2. 确定使用性能指标和数值

通过分析零件工作条件和失效形式，确定零件对使用性能的要求后，必须进一步转化为实验室性能指标和数值，这是选材的极其重要的步骤。

3. 根据力学性能选材时应注意的问题

零件所要求的力学性能指标和数值确定下来之后便可进行选材。

- (1) 学会正确使用手册和有关资料。
- (2) 正确使用硬度指标。
- (3) 强度与韧性应合理配合。

21.2.2 材料的工艺性能原则

零件都是由不同的工程材料经过一定的加工制造而成的。因此，材料的工艺性能。即加工成合格零件的难易程度，显然也是选材必须考虑的主要问题。

21.2.3 经济性原则

1. 尽量降低材料及其加工成本
2. 用非金属材料代替金属材料
3. 零件的总成本

21.2.4 毛坯的种类

铸件、锻件、型材、组合毛坯

21.2.5 毛坯种类的选择

毛坯选择有两种不同的方向：

一种是使毛坯的形状和尺寸尽量与零件接近，零件制造的大部分劳动量用于毛坯。机械加工多为精加工，劳动量和费用都比较少；

另一种是毛坯的形状及尺寸与零件相差较大，机械加工切除较多材料，其劳动量及费用也较大。

毛坯选择应除满足一般原则外，还要全面考虑下列一些因素的影响：

- 1 生产纲领的大小。
- 2 零件材料和力学性能。
- 3 满足材料的工艺要求。

21.3 工件的安装与夹具

21.3.1 工件的安装方式

- (1) 直接安装法
- (2) 采用夹具安装

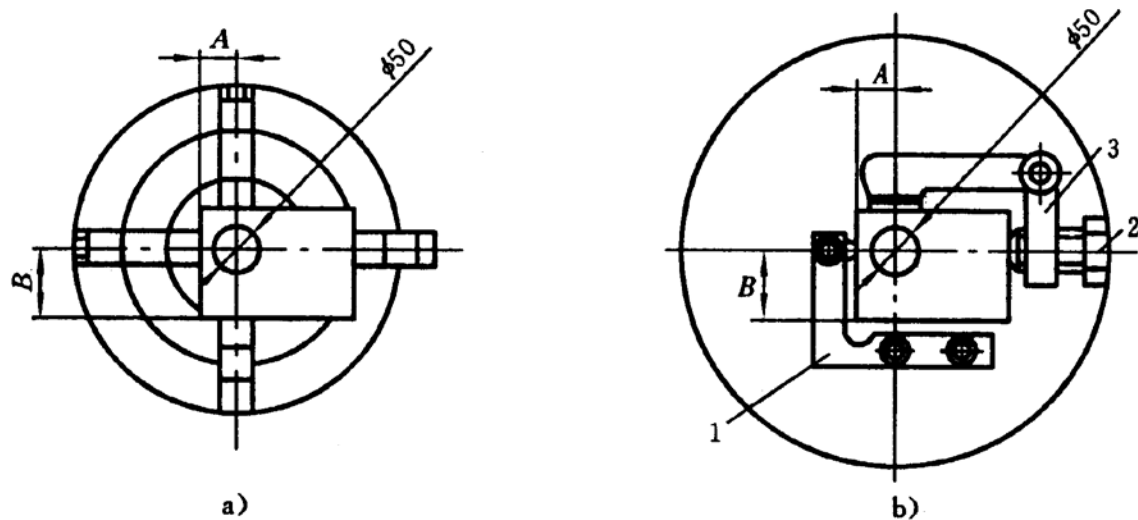


图 两类安装方式

a) 直接安装 b) 夹具安装

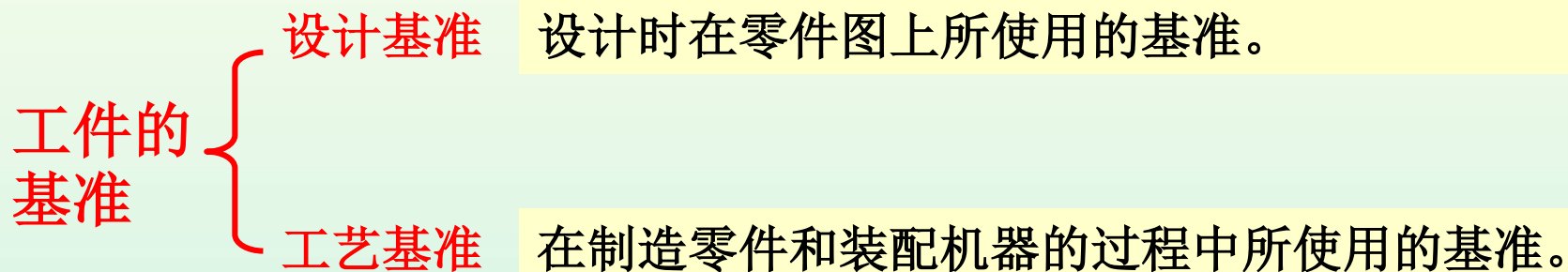
1—支承板 2—拧紧螺钉 3—杠杆式压板

夹具安装



21.3.2 工件的基准

工件基准的概念：零件设计与制造中，需以一些指定的点、线或面作为根据，来确定其他点、线或面的位置，这些作为根据的点、线或面称为基准。

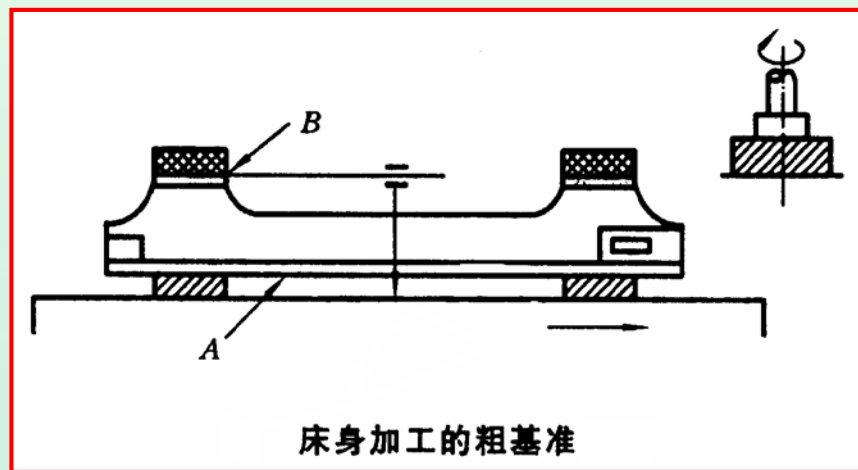
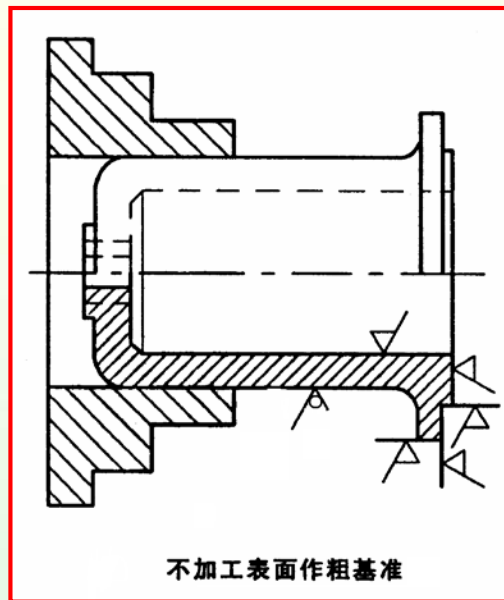


工艺基准又分为**定位基准**、**度量基准**和**装配基准**，它们分别用于工件加工时的定位、工件的测量和零件的装配。

定位基准的选择

a. 粗基准的选择——对毛坯开始进行机械加工时，第一道工序只能以毛坯表面定位，这种基准称为粗基准。

- 1) 选取不加工的表面为粗基准
- 2) 选取要求加工余量均匀的表面为粗基准
- 3) 对于所有表面都要加工的零件，应选择余量和公差最小的表面作粗基准，以避免余量不足而造成废品。
- 4) 选取光洁、平整、面积足够大、装夹稳定的表面为粗基准。
- 5) 粗基准只能在第一道工序中使用一次，不能重复使用。



A—导轨面

B—床身底面

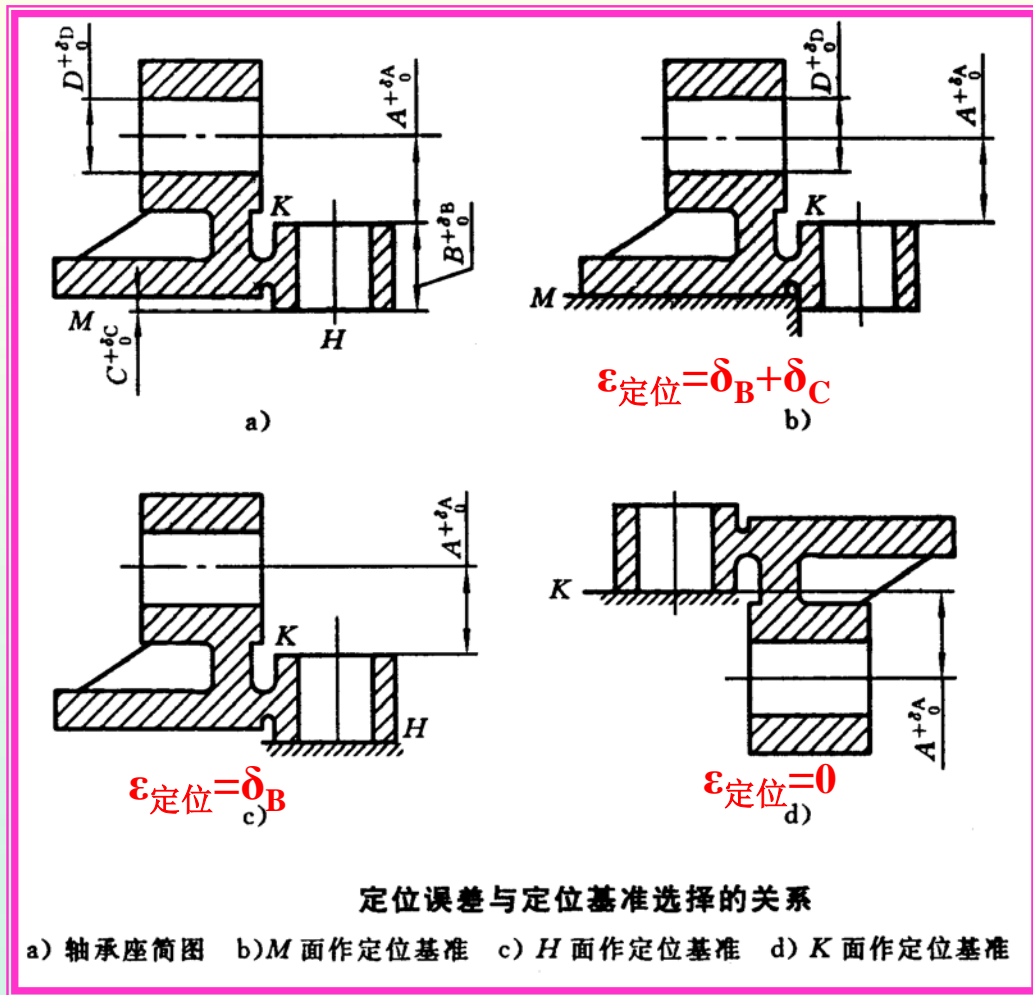
b. 精基准的选择

在第一道工序之后，应当以加工过的表面为定位基准，这种定位基准称为精基准（或光基准）

1) **基准重合原则**：定位基准与设计基准重合，可避免产生定位误差；

2) **基准同一原则**：加工零件上某些位置精度要求较高的表面，应尽可能选同一定位基准，以保证各加工表面的位置精度。

3) 选择精度较高、安装稳定可靠的表面作精基准，而且所选的基准应使夹具结构简单，安装和加工工件方便。



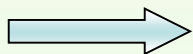
21.3.3 工件的定位原理

a. 定位



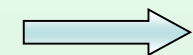
使工件在机床或夹具上占有正确的位置，以保证被加工表面的精度。

b. 六点
定位原理



一个不受约束的物体在空间有六个自由度，即沿 X、Y、Z 方向的平移和绕 X、Y、Z 方向的转动。

c. 定位和
的夹紧概念



定位是限制这些自由度，但并非限制了这些自由度物体就不能动了；因这只是定位，若需工件不动还须夹紧。

d. 六点定则



六个支撑点限制工件的六个自由度。

六点定则的应用

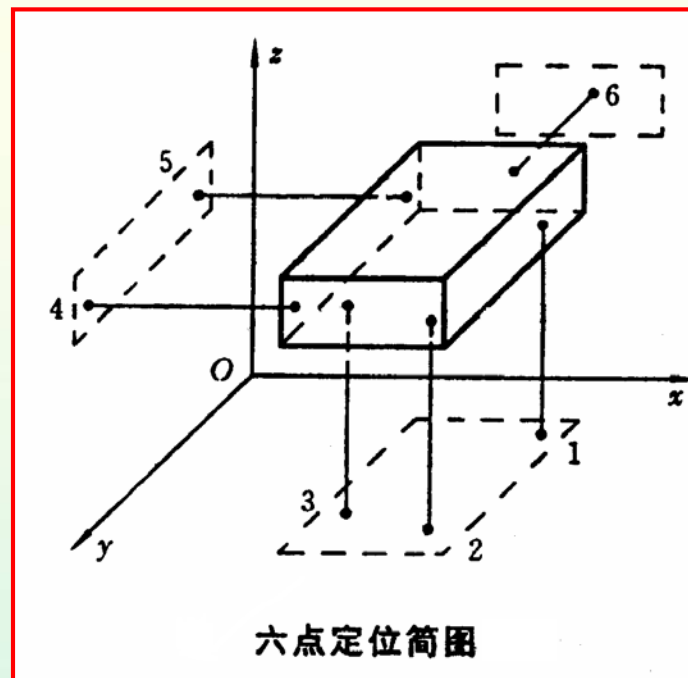
完全定位：用定位元件限制工件的六个自由度的定位方式；

不完全定位：没有完全限制六个自由度的定位方式；

欠定位：该限制的自由度没有得到限制的定位方式；

过定位（或超定位）：一个自由度同时被两个以上的定位元件限制了的定位方式；

完全定位、不完全定位是合理的定位方式，欠定位是不允许的，会影响工件加工质量和加工精度。



xoy平面 z轴移动、x、y轴旋转
yoz平面 x轴移动、z轴旋转
xoz平面 y轴移动

工件定位

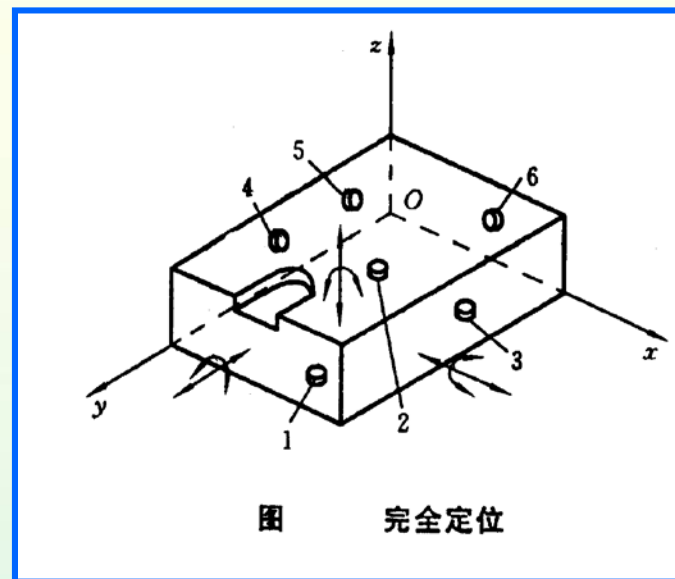
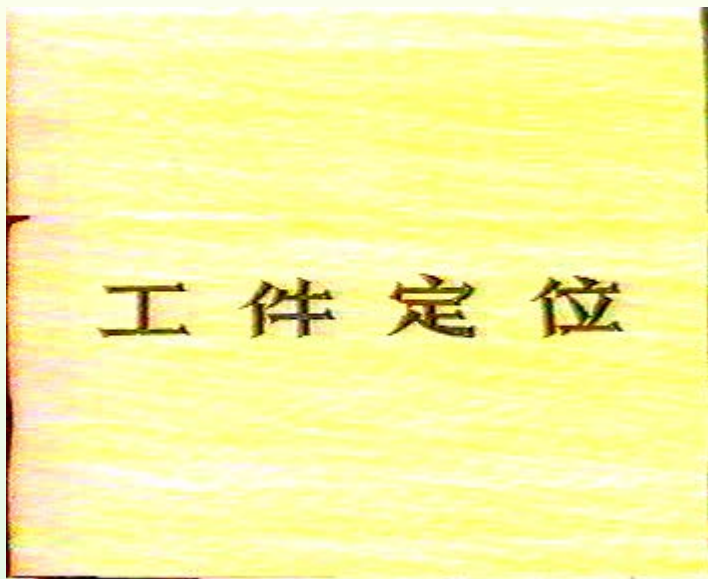


图 完全定位

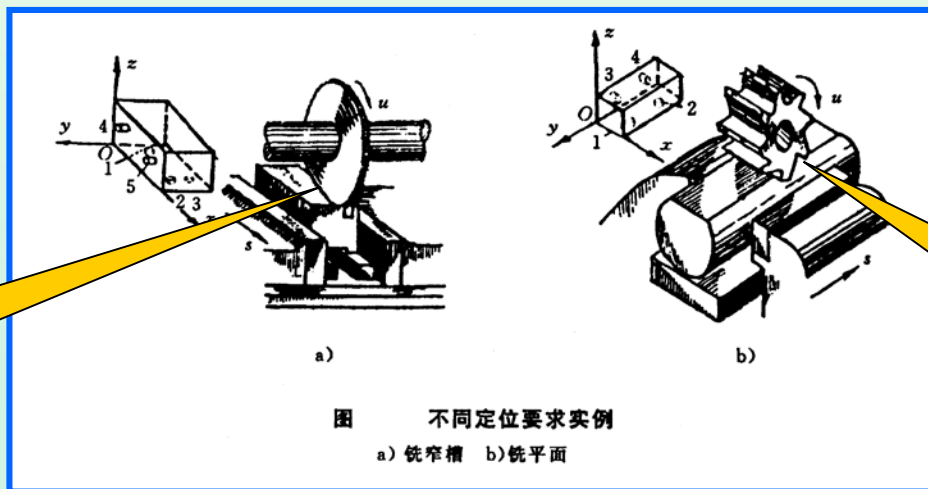
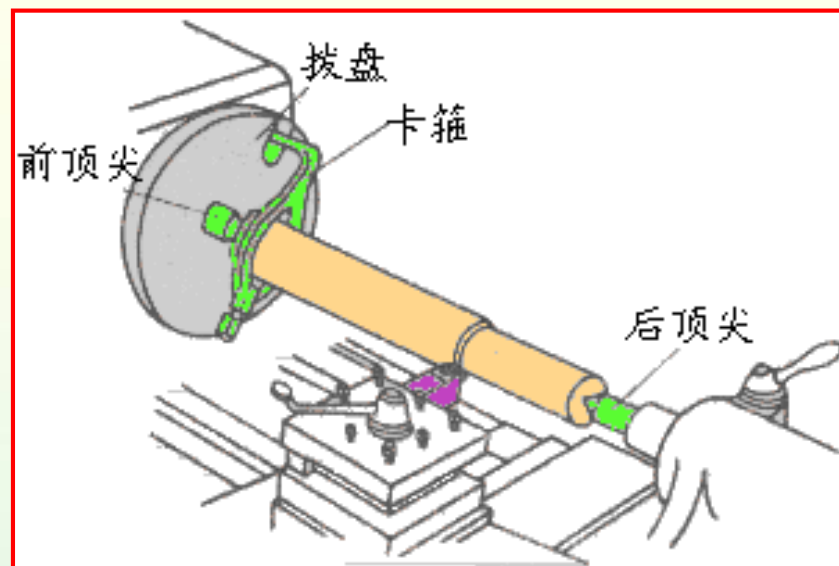
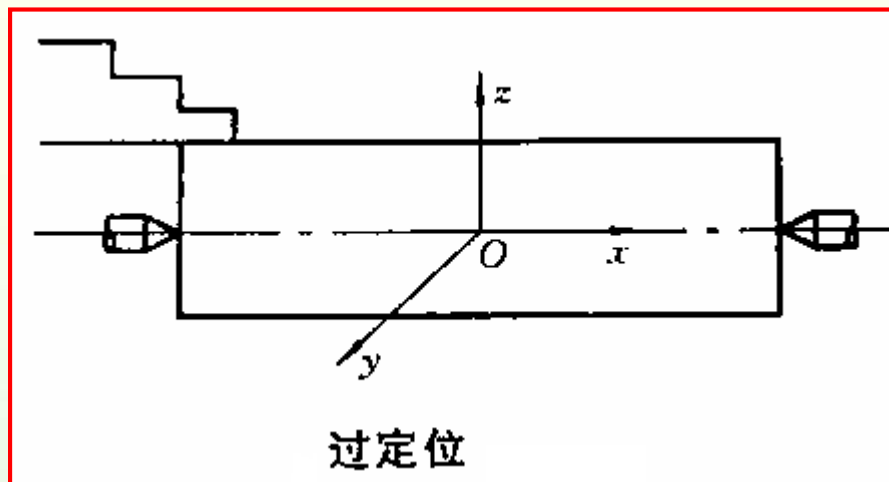


图 不同定位要求实例
a) 铣窄槽 b) 铣平面

x向不必限制，
为五点定位

y向和y旋转不必限制，
为四点定位



车削细长轴时若用三爪卡盘和前后顶尖定位时，前后顶尖已限制了 x 、 y 、 z 方向的平移和 y 、 z 旋转五个自由度，而三爪卡盘又限制了 y 、 z 方向的平移，此时就出现了过定位。

但是三爪卡盘是用来传递运动的，生产中可用卡箍来代替三爪卡盘，卡箍既可传递运动又不约束工件的自由度，变过定位为不完全定位。

21.4 工艺路线的拟定

21.4.1 加工方法的选择

根据零件各个加工表面的技术要求，来确定其加工方法及加工次数。使工件表面达到同样质量要求的加工方法有多种，因而在选择从粗到精各加工方法及其步骤时，要综合考虑各方面工艺因素的影响。

综合考虑
各方面工
艺因素的
影响

各种加工方法所能到达的精度和表面粗糙度
工件材料的性质
考虑生产类型
考虑本厂现有设备及技术条件

21.4.2 加工阶段的划分

零件精度要求较高时，往往需要将加工过程划分几个阶段，一般分为粗加工、精加工和光整加工等

目的 {
 保证加工质量
 合理使用设备
 合理安排热处理工序

21.4.3 工序的集中和分散

所谓工序集中，就是整个工艺过程中所安排的工序数量尽量少，每个工序所加工的表面数量尽量多。

而工序分散则恰恰相反，安排工序数量多，每道工序加工的表面数量少。分散到极限时，一道工序上只包含一个简单工步的内容。

工序集中和工序分散的特点:

工序集中

- 减少工件安装次数
- 采用高生产率的专用设备和专用工艺装备
- 减少工序数目, 缩短工艺路线, 减少设备数量

工序分散

- 采用比较简单的机床和工艺装备, 生产准备工作量小, 容易适应产品的变换
- 设备数量和工人数量多, 生产面积大, 工艺路线长

21.4.4 加工顺序的安排

(1) 机械加工
顺序的安排:

先基面后其它
先粗后精
先主后次
先面后孔

(2) 热处理工序的安排:

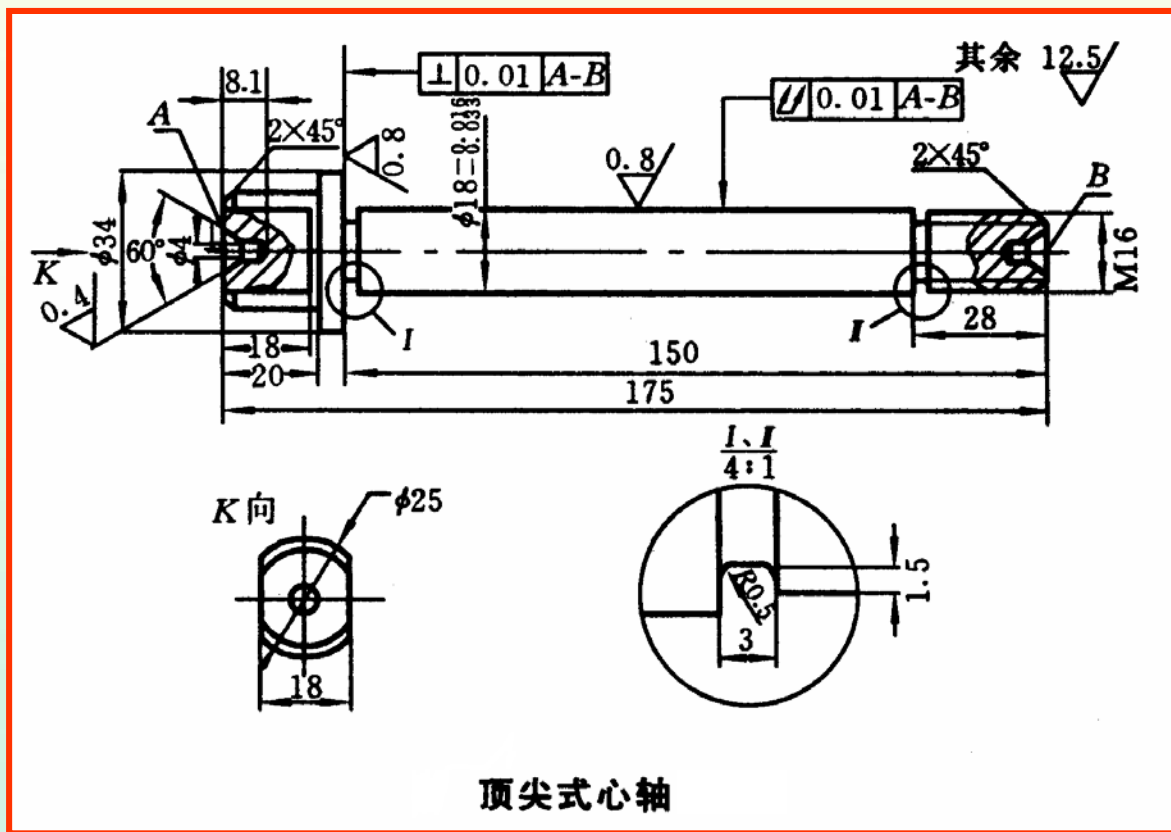
预先热处理: 调整硬度以利切削加工;
时效处理: 消除应力对加工精度的影响;
最终热处理: 使零件的性能达到要求。

(3) 辅助工序的安排:

包括检验、去毛刺、清洗、涂防锈漆等。

21.5 典型零件的加工工艺过程实例

21.5.1 轴的机械加工工艺的制定



工艺分析:

精度、表面粗糙度的要求；轴线的跳动和垂直度的要求；

加工顺序:

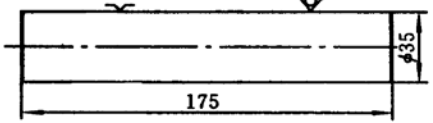
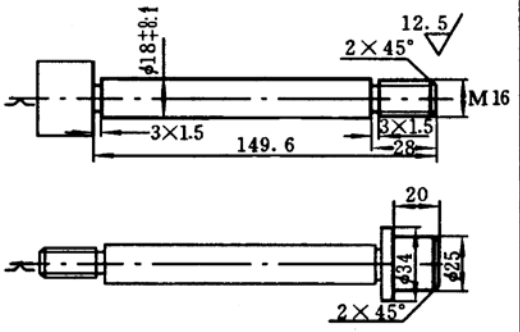
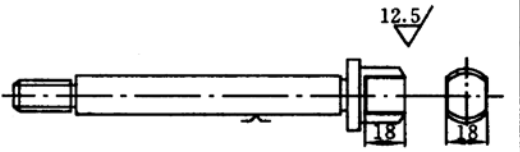
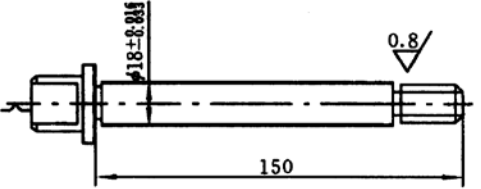
车、铣、淬火、磨

基准选择:

用两端中心孔作为粗、精基准（基准统一和基准重合原则）

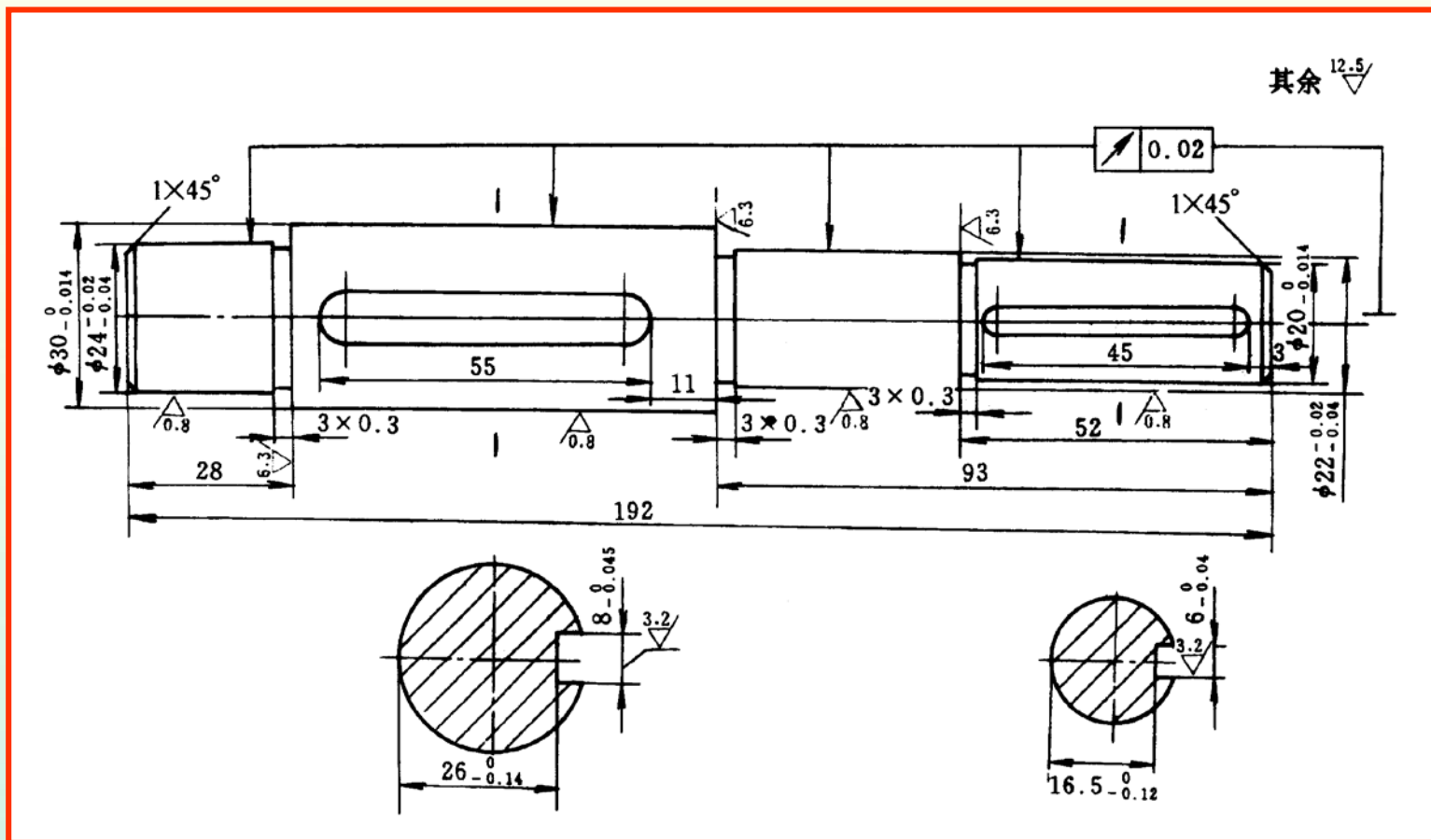
表 单件小批生产轴的工艺过程

尺寸单位: mm

工序号	工种	工序内容	加工简图	设备
I	车	1. 车一端面, 钻中心孔 2. 切断长 177 3. 车另一端面, 钻中心孔		普通车床
II	车	1. 粗车一端外圆分别至 $\phi 20 \times 148$, $\phi 26 \times 27$ 2. 半精车该端外圆分别至 $\phi 18.4^{+0.1} \times 149.6$, $\phi 16_{-0.1}^0 \times 28$ 3. 切两槽 3×1.5 4. 倒角 $2 \times 45^\circ$ 5. 车螺纹 M16 6. 粗车另一端外圆分别至 $\phi 34$, $\phi 27 \times 18$ 7. 半精车该端外圆至 $\phi 18 \times 20$ 8. 倒角 $2 \times 45^\circ$		普通车床
III	铣	铣两平面保证尺寸 18		铣床
IV	热	淬火回火 40~45HRC		
V	(钳)	修研中心孔		钻床
VI	磨	1. 粗磨外圆及轴肩至 $\phi 18^{+0.1}$, 保证尺寸 150 2. 精磨该端外圆至 $\phi 18_{-0.033}^{+0.016}$		外圆磨床
VII	检	按图纸要求检验		

注: 加工简图中粗实线为该工序加工表面, “ ∇ ”符号所指为定位基准。

传动轴零件工艺过程



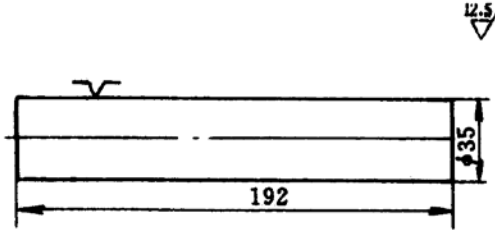
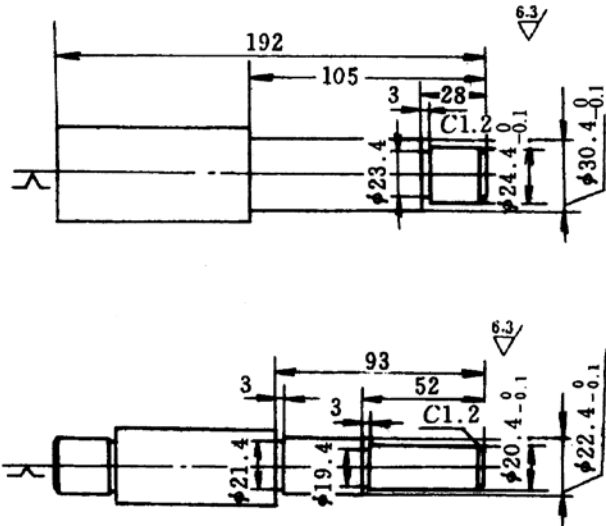
1、技术要求分析

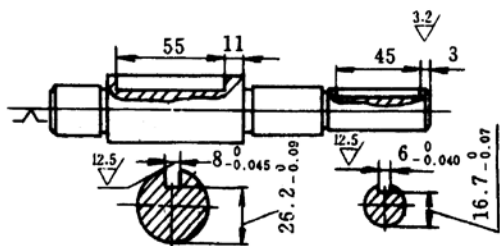
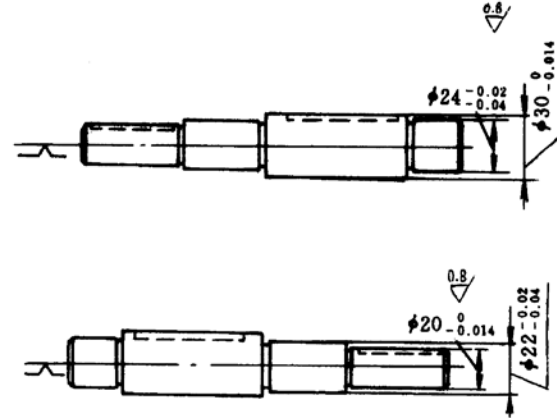
2、工艺分析

3、基准选择

4、工艺过程

表 单件小批生产轴的工艺过程

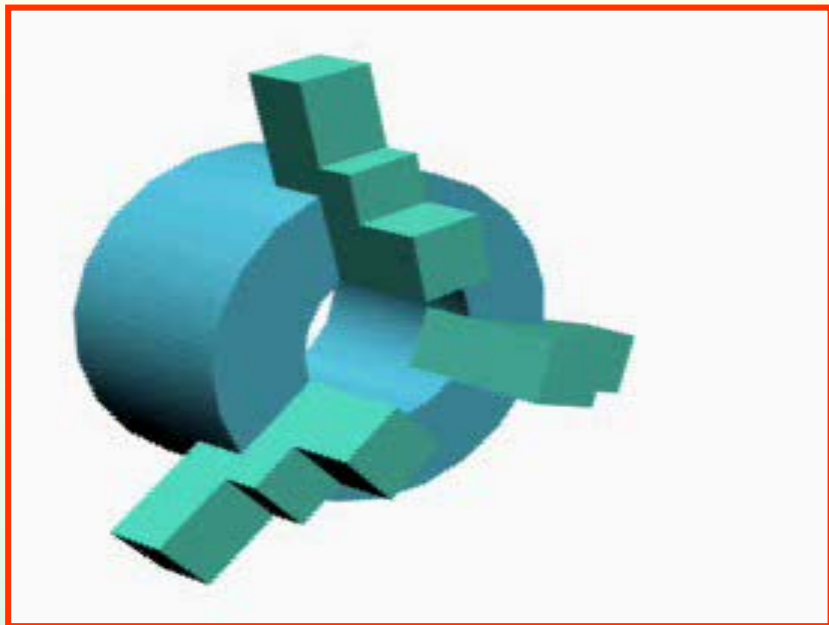
工序号	工序名称	工序内容	加工简图	设备
I	车	1. 车一端面, 钻中心孔 2. 切断, 长 194 3. 车另一端面至长 192, 钻中心孔		卧式车床
II	车	1. 粗车一端外圆分别至 $\phi 32 \times 104$, $\phi 26 \times 27$ 2. 半精车该端外圆分别至 $\phi 30.4_{-0.1}^0 \times 105$, $\phi 24.4_{-0.1}^0 \times 28$ 3. 切槽 $\phi 23.4 \times 3$ 4. 倒角 $1.2 \times 45^\circ$ 5. 粗车另一端外圆分别至 $\phi 24 \times 92$, $\phi 22 \times 51$ 6. 半精车该端外圆分别至 $\phi 22.4_{-0.1}^0 \times 93$, $\phi 20.4_{-0.1}^0 \times 52$ 7. 切槽分别至 $\phi 21.4 \times 3$, $\phi 19.4 \times 3$ 8. 倒角 C1.2		卧式车床

III	铣	粗—精铣键槽分别至 $8_{-0.045}^0 \times 26.2_{-0.09}^0 \times 55$ $6_{-0.040}^0 \times 16.7_{-0.07}^0 \times 45$		立式铣床
IV	热	淬火回火 40~45HRC		
V	(钳)	修研中心孔		钻床
VI	磨	1. 粗磨一端外圆分别至 $\phi 30.06_{-0.04}^0$, $\phi 24.06_{-0.04}^0$ 2. 精磨该端外圆分别至 $\phi 30_{-0.014}^0$, $\phi 24_{-0.02}^0$ 3. 粗磨另一端外圆分别至 $\phi 22.06_{-0.04}^0$, $\phi 20.06_{-0.04}^0$ 4. 精磨该端外圆分别至 $\phi 22_{-0.02}^0$, $\phi 20_{-0.014}^0$		外圆磨床
VII	检	按图纸要求检验		

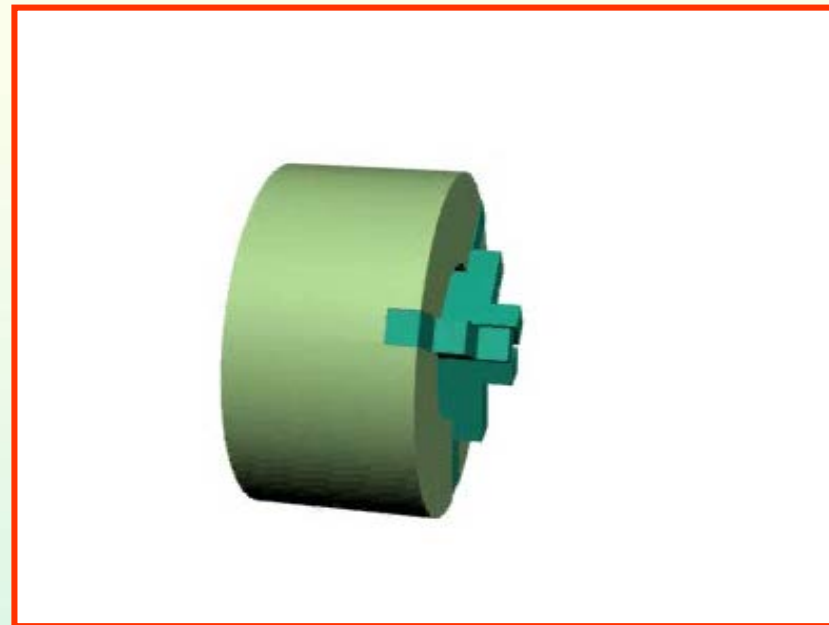
注：①加工简图中粗实线为该工序加工表面；

②加工简图中“—”符号所指为定位基准。

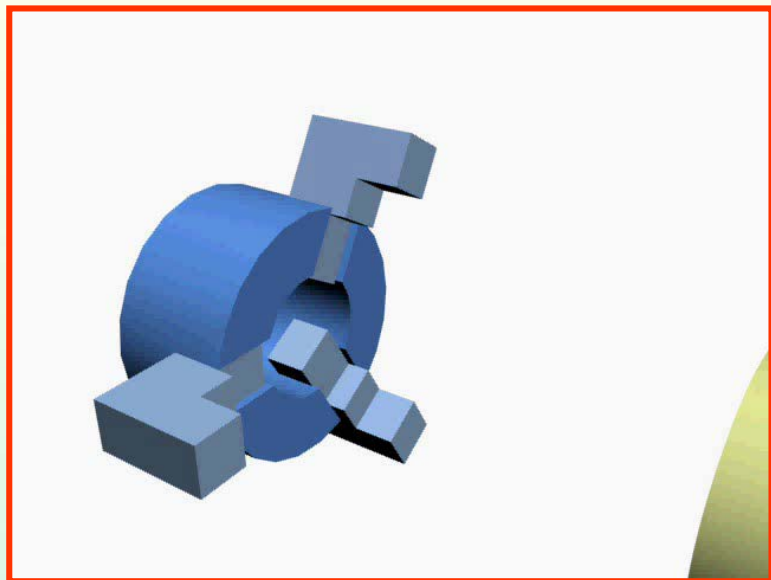
轴



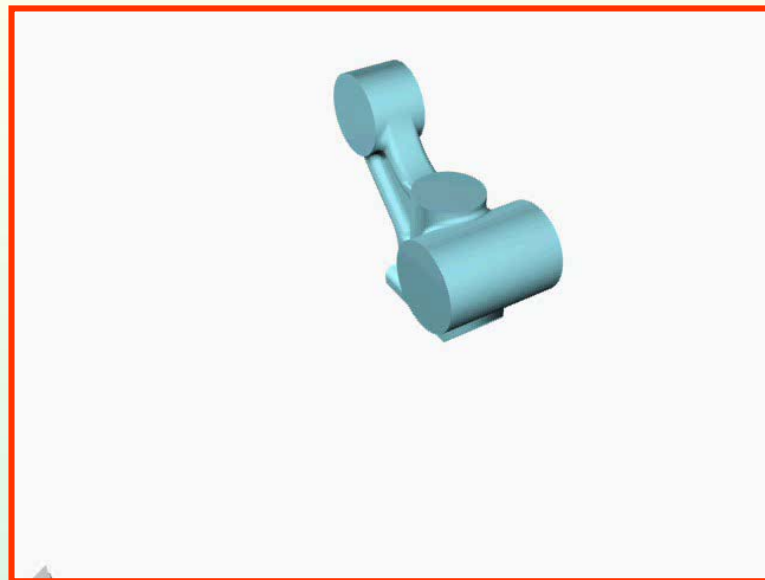
圆盘



板件



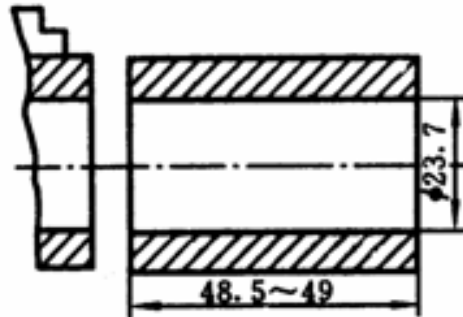
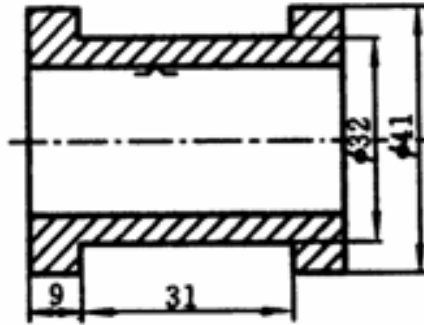
连杆

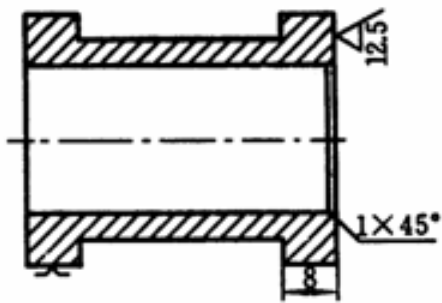
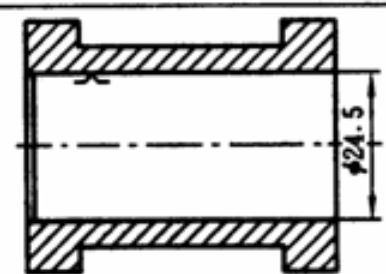
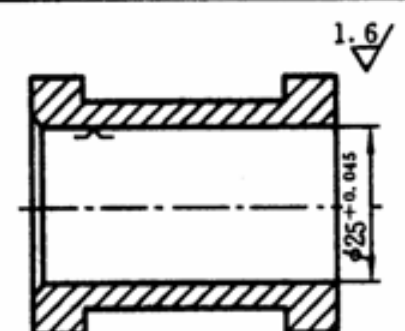


工序号	工序名称	工序内容	定位基准	机床
1	锻	胎模锻毛坯		
2	热处理	正火		
3	粗车	粗车外圆和端面钻、镗花键底孔	外圆、端面	六角车床
4	热处理	调质处理		
5	拉	拉花键孔	花键底孔、端面	拉床
6	精车	精车外圆、端面及槽至尺寸要求	花键孔、端面	六角车床
7	检验	按图样要求检查		
8	滚齿	滚齿 $Z = 39$	花键底孔、端面	滚齿机
9	插齿	插齿 $Z = 34$	花键底孔、端面	插齿机
10	倒角	倒齿端圆角	花键底孔、端面	倒角机
11	钳	钳工去毛刺		
12	剃齿	剃齿 $Z = 39$	花键底孔、端面	剃齿机
13	剃齿	剃齿 $Z = 34$	花键底孔、端面	剃齿机
14	热处理	齿部高频淬火 G52		
15	推	推孔修复花键孔	花键底孔、端面	推孔机
16	珩齿	$Z = 39$ $Z = 34$	花键底孔、端面	珩齿机
17	检验	按图样要求检查		

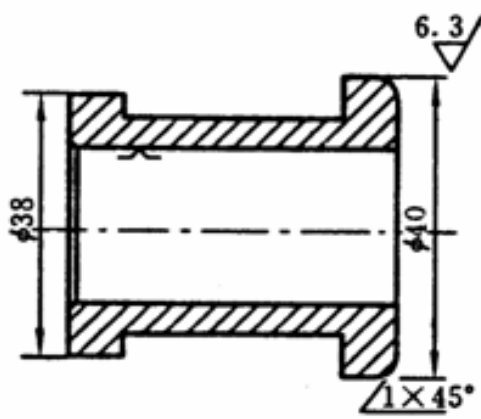
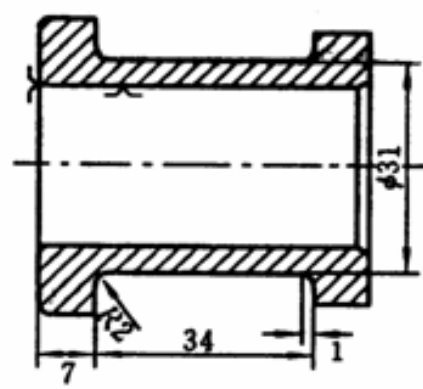
表 调速套筒机械加工工艺规程

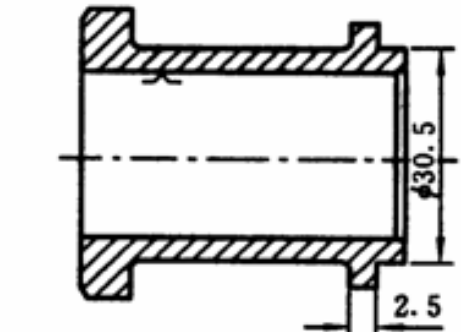
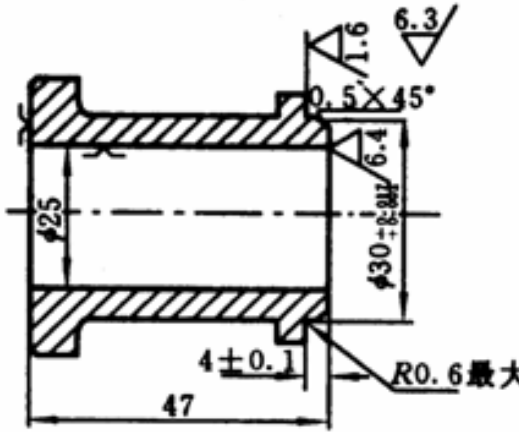
尺寸单位: mm

工序号	工种	工序内容	加工草图	加工设备
I	车	钻孔 $\phi 23.7$, 切断长 49		普通车床
II	车	粗车外圆至 $\phi 41$, 粗车空位至 $\phi 32$		普通车床
III	热	调质 26~31HRC		

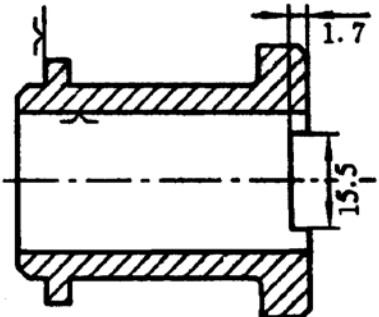
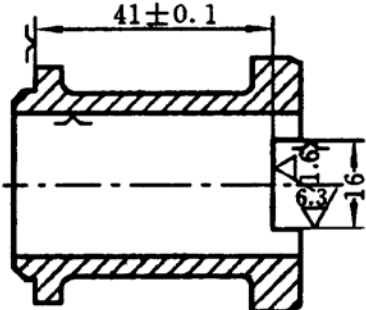
IV	车	车一端面, 倒角 $1 \times 45^\circ$		普通车床
V	拉	粗拉孔至 $\phi 24.5$		卧式拉床
VI	拉	精拉孔至 $\phi 25^{+0.045}$		卧式拉床

续表

工序号	工种	工序内容	加工草图	加工设备
VII	车	车 $\phi 40$ 、 $\phi 38$ ， 倒角 $0.5 \times 45^\circ$		普通车床
VIII	车	车空位的两内侧至 34、圆弧 $R2$		普通车床

IX	车	粗车止口 $\phi 30.5$		普通车床
X	车	精车止口 $\phi 30 \pm \begin{smallmatrix} 0.017 \\ 0.002 \end{smallmatrix}$, 车端面总长 47, 保证 4 ± 0.1 倒角 $0.5 \times 45^\circ$	 <p>$\phi 30$与$\phi 25$ 同轴度公差为 0.05</p>	普通车床

续表

工序号	工种	工序内容	加工草图	加工设备
XI	铣	铣槽 15.5, 底面深 1.7		卧式铣床
XII	热	M 面高频淬火, 51~55HRC		
XIII	磨	磨槽 16, 保证 41 ± 0.1	 <p>槽 16 应对称于 $\phi 25$ 中心线, 对称度公差为 0.03, M 面对 $\phi 25$ 中心线垂直度公差为 0.025</p>	万能工具磨床
XIV	钳	去毛刺		