

项目三、叉架类零件加工

学习目标

- 任务一 确定加工余量
- 任务二 确定工序尺寸及公差
- 任务三 确定切削要素
- 任务四 技术经济分析
- 任务五 填写工艺文件

任务一 确定加工余量

1. 加工余量的概念与影响因素

❖ **加工余量**——加工过程中从加工表面切去材料层厚度

❖ **工序（工步）余量**——某一表面在某一工序（工步）中所切去的材料层厚度

式中 Z_b ——本工序余量；

a ——前工序尺寸；

b ——本工序尺寸。

◎ 双边余量

实际切除的金属层厚度=加工余量的一半。

◎ 单边余量

实际切除的金属层厚度=加工余量

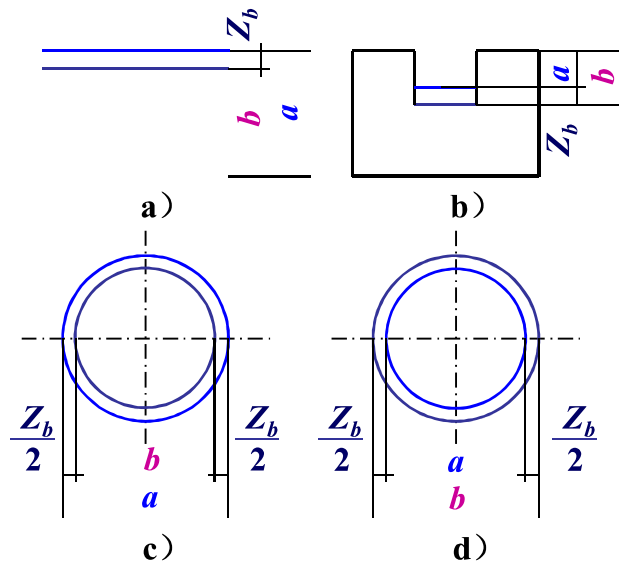


图3 工序加工余量

任务一 确定加工余量

❖ **总加工余量**——零件从毛坯变为成品切除材料层总厚度

$$Z_S = \sum_{i=1}^n Z_i$$

式中 Z_S ——总加工余量；
 Z_i ——第*i*道工序加工余量；
 n ——该表面加工工序数。

❖ **余量公差**

$$T_Z = T_a + T_b$$

式中 T_Z ——余量公差；
 T_a ——上工序尺寸公差；
 T_b ——本工序尺寸公差。

任务一 确定加工余量

影响加工余量的因素

1) 上工序留下的表面粗糙度值 R_v 和表面缺陷层深度 H_a

本工序必须把上工序留下的表面粗糙度和表面缺陷层全部切去，因此本工序余量必须包括这两项因素。

2) 上工序的尺寸公差 T_a

上工序加工表面存在形状误差，如平面度、圆柱度等，其总和不超过 T_a ，为使本工序能切去这些误差，工序余量应包括 T_a 项。

3) T_a 值没有包括的上工序留下的空间位置误差 e_a

4) 本工序的装夹误差 ε_b

如果本工序存在装夹误差（定位误差、夹紧误差），在确定本工序加工余量时还应考虑 ε_b 的影响。

e_a 与 ε_b 都是向量，要用矢量相加所得矢量和的模进行余量计算。

任务一 确定加工余量

∴ 最小余量构成:

$$Z_{\min} = R_y + H_a + (\vec{e}_a + \vec{\varepsilon}_b) \quad (\text{平面加工}) \quad (4-8)$$

$$Z_{\min} = 2(R_y + H_a) + 2(\vec{e}_a + \vec{\varepsilon}_b) \quad (\text{轴、孔加工})$$

式中 R_y ——上一工序表面粗糙度;

H_a ——上一工序表面缺陷层;

e_a ——上一工序形位误差;

ε_b ——本工序装夹误差。

◎ 采用浮动镗刀块镗孔

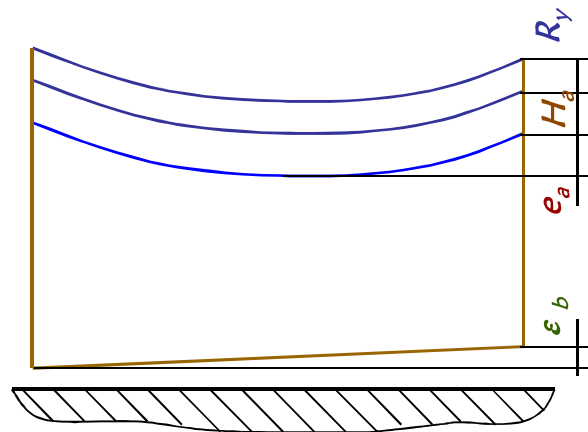
$$Z_{\min} = 2(R_y + H_a)$$

◎ 无心磨床磨外圆

$$Z_{\min} = 2(R_y + H_a + e_a)$$

◎ 研磨、抛光平面

$$Z_{\min} = R_y$$



最小加工余量构成

任务二 确定加工余量

2.加工余量确定方法

❖ **计算法**——采用计算法确定加工余量比较准确，但需掌握必要的统计资料和具备一定的测量手段。

❖ **查表法**——利用各种手册所给的表格数据，再结合实际加工情况进行必要的修正，以确定加工余量。此法方便、迅速，生产上应用较多。

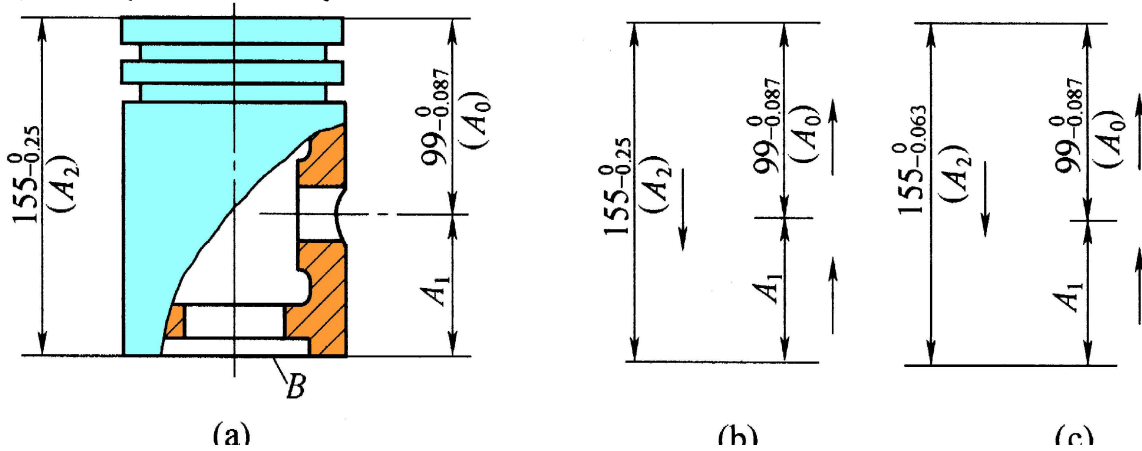
需要指出的是，目前国内各种手册所给的余量多数为基本余量，基本余量等于最小余量与上一工序尺寸公差之和，即基本余量中包含了上一工序尺寸公差，此点在实际应用时需加以注意。

❖ **经验法**——由一些有经验的工程技术人员或工人根据现场条件和实际经验确定加工余量。此法多用于单件小批生产。

任务二 确定工序尺寸及公差

1. 工艺尺寸链的概念及计算方法

1) 尺寸链的组成



组成环：加工过程中直接获得的尺寸如 A_1 、 A_2 是组成环；

封闭环：间接获得的尺寸 A_0 称为封闭环；

增环：它增大将使封闭环随之增大的组成环如 A_2 叫增环；

减环：它增大反使封闭环随之减小的组成环如 A_1 叫减环

◆ 尺寸链图

将尺寸链中各相应的环，用尺寸或符号标注在示意图上，这种尺寸图称为尺寸链图

✓ **作法：**首先确定间接保证的尺寸，定为封闭环；然后从封闭环起，画出各组成环；尺寸首尾相接，顺一个方向画箭头，构成封闭图形。

- 工艺尺寸链的构成，取决于工艺方案和加工方法，确定封闭环是关键；
- 一个尺寸链只能解一个封闭环；
- 请注意箭头方向：

与封闭环同向者为减环

与封闭环异向者为增环

任务二 确定工序尺寸及公差

◆ 尺寸链的形式

◆ 按环的几何特征分：长度、角度、组合尺寸链

◆ 按应用场合分：装配、工艺、零件尺寸链

◆ 按各环所处空间位置分：直线、平面、空间尺寸链

■ 尺寸链的特性

封闭性：尺寸链必是一组有关尺寸首尾相接所形成的尺寸封闭图。其中应包含一个间接保证的尺寸和若干个对此有影响的直接获得的尺寸。

关联性：尺寸链中间接保证的尺寸即精度直接保证的尺寸精度支配，且间接保证的尺寸精度必然低于直接获得的尺寸精度

任务二 确定工序尺寸及公差

● 尺寸链计算

① 正计算

尺寸链计算

② 反计算

③ 中间计算

用极值法解尺寸链：是按尺寸链各环均处于极值条件

来分析计算封闭环尺寸与组成环尺寸之间关系的

尺寸链计算
方法

用统计法解尺寸链：是运用概率论理论来分析计算封

闭环尺寸与组成环尺寸之间关系的

任务二 确定工序尺寸及公差

用极值法解算尺寸链的计算公式

a) 封闭环的基本尺寸等于增环的基本尺寸之和减去减环的基本尺寸之和，即

$$A_0 = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{i=n+1}^{m-1} \overset{\leftarrow}{A}_i$$

b) 封闭环的最大极限尺寸等于增环最大极限尺寸之和减去减环最小极限尺寸之和，即

$$A_{0\max} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_{i\max} - \sum_{i=n+1}^{m-1} \overset{\leftarrow}{A}_{i\min}$$

c) 封闭环的最小极限尺寸等于增环最小极限尺寸之和减去减环最大极限尺寸之和，即

$$A_{0\min} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_{i\min} - \sum_{i=n+1}^{m-1} \overset{\leftarrow}{A}_{i\max}$$

任务二 确定工序尺寸及公差

用极值法解算尺寸链的计算公式

d) 封闭环的上偏差等于增环上偏差之和减去减环下偏差之和，即

$$ES_{A_0} = \sum_{i=1}^n ES_{A_i}^- - \sum_{i=n+1}^{m-1} EI_{A_i}^-$$

e) 封闭环的下偏差等于增环下偏差之和减去减环上偏差之和，即

$$EI_{A_0} = \sum_{i=1}^n EI_{A_i}^- - \sum_{i=n+1}^{m-1} ES_{A_i}^-$$

f) 封闭环的公差等于组成环公差之和，即

$$T_{A_0} = \sum_{i=1}^n T_{A_i}^- + \sum_{i=n+1}^{m-1} T_{A_i}^- = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| T_i = \sum_{i=1}^{m-1} T_i$$

2. 确定工序尺寸及公差

I 基准重合时，工序尺寸及其公差的计算

当工序基准、定位基准或测量基准与设计基准重合，表面多次加工时，计算顺序是由最后一道工序开始，即由设计尺寸开始向前推算到毛坯尺寸

【例1】轴孔工序尺寸及公差的确定，加工过程：粗镗→半精镗→精镗→浮动镗

计算步骤：

- 1) 确定各工序加工余量（查工艺手册）；
- 2) 从设计尺寸开始，逐次加上（对于轴类）或减去（对于孔类）每道工序的加工余量，可分别得到各工序的基本尺寸；
- 3) 除最终加工工序取设计尺寸公差外，其余各工序按各自采用的加工方法所对应的加工经济精度确定工序尺寸公差；
- 4) 除最终工序外，其余各工序按“入体原则”标注工序尺寸公差；
- 5) 毛坯余量通常由毛坯图给出，故第1工序余量由计算确定，公差一般标注对称公差。

任务二 确定工序尺寸及公差

表1: 主轴孔工序尺寸及公差的确定

工序名称	加工余量	工序基本尺寸	加工经济精度IT	工序尺寸及公差	表面粗糙度
浮动镗	0.1	100	7	$\Phi 100^{+0.035}$	Ra0.8
精镗	0.5	$100-0.1=99.9$	8	$\Phi 99.9^{+0.054}$	Ra 1.6
半精镗	2.4	$99.9-0.5=99.4$	10	$\Phi 99.4^{+0.14}$	Ra3.2
粗镗	5	$99.4-2.4=97$	12	$\Phi 97^{+0.35}$	Ra6.3
毛坯		$100-8=92$		$\Phi 92 \pm 2$	

任务二 确定工序尺寸及公差

II 基准不重合时，工序尺寸及其公差的计算

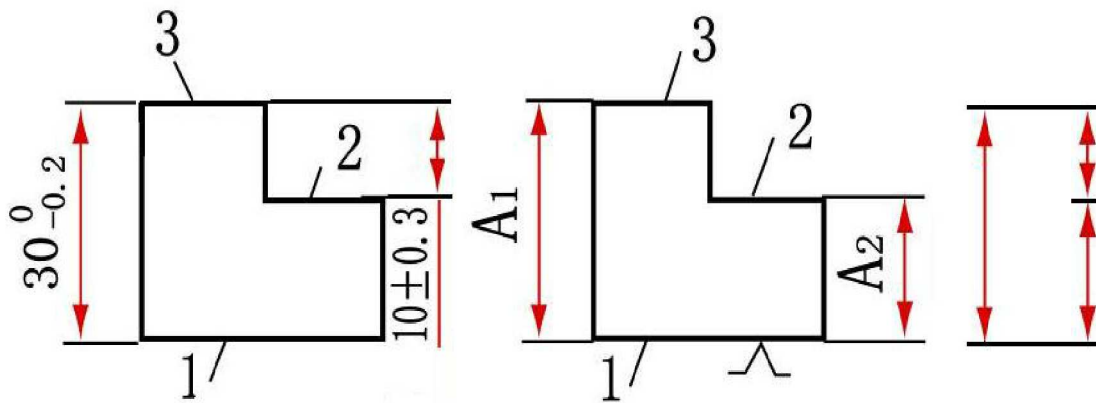
当零件加工过程中多次转换工艺基准，引起测量基准、定位基准或工序基准与设计基准不重合时，需利用工艺尺寸链原理进行工序尺寸及其公差的计算

(1) 定位基准与设计基准不重合时的工序尺寸计算

当采用调整法加工一批零件，若所选的定位基准与设计基准不重合，那么该加工表面的设计尺寸就不能由加工直接得到。这时，就需进行有关的工序尺寸计算以保证设计尺寸的精度要求，并将计算的工序尺寸标注在该工序的工序图上。

任务二 确定工序尺寸及公差

[案例1]: 加工图a) 所示工件, 设1面已加工好, 现以1面定位加工3面和2面, 其工序简图如图b) 所示, 试求工序尺寸 A_1 与 A_2 。



假废品问题：

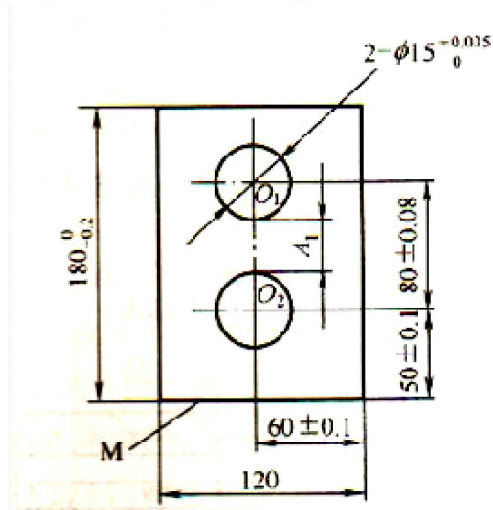
按换算后的工序尺寸进行加工，测量时，发现超出换算尺寸要求，工件应报废，但可能出现要保证的设计尺寸仍在要求的公差范围内的现象，这时工件实际上是合格的，这就是出现的假废品现象。

为了避免将实际合格的零件报废而造成浪费，对换算后的测量尺寸（或工序尺寸）超差的零件，应重新测量其他组成环的尺寸，再计算出封闭环的尺寸，以判断是否为废品。

任务三 确定工序尺寸及公差

[案例4]

- (1) 若孔 O_1 、 O_2 分别都以 M 面为基准镗孔时，试标注两镗孔工序的工序尺寸；
- (2) 检验孔距时，因 (80 ± 0.08) mm 不便于测量，故选测量尺寸 A_1 ，试求工序尺寸 A_1 及其上下偏差；
- (3) 若实测尺寸 A_1 超差了，能否直接判断该零件为废品。

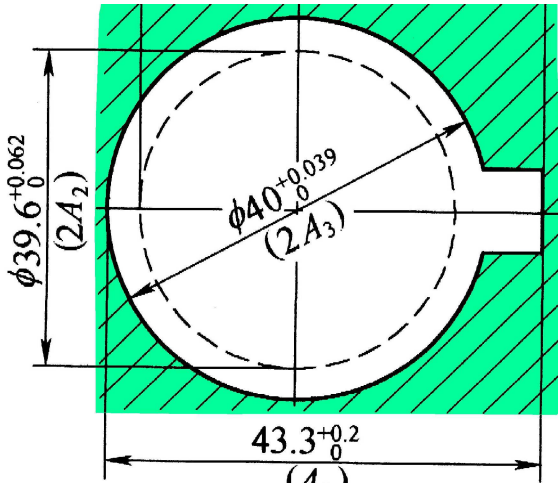


任务二 确定工序尺寸及公差

④ 中间工序尺寸 A_1 的计算

A_1 基本尺寸 $A_0 = A_1 + A_3 - A_2$ $43.3 = A_1 + 20 - 19.8$ 得 $A_1 = 43.1$

验算公差 $T_0 = T_1 + T_3 + T_2$ $T_1 = 0.2 - 0.031 - 0.0195 = 0.1495$



加工顺序如下：

工序1：镗内孔至 $\Phi 39.6^{+0.062}_0$ ；

工序2：插槽至尺寸 A_1 ；

工序3：热处理—淬火；

工序4：磨内孔至 $\Phi 40^{+0.039}_0$ ，

同时保证键槽深度 $43.3^{+0.2}_0$ 。

A_1 上偏差 $0.2 = ES_{A_1} + 0.0195 - 0$ $ES_{A_1} = 0.2 - 0.0195 = 0.1805$

A_1 下偏差 $0 = EI_{A_1} + 0 - 0.031$ $EI_{A_1} = 0.031$

故插键槽时的工序尺寸 $A_1 = 43.1^{+0.1805}$

(5) 电镀零件有关工序尺寸换算

生产中,电镀零件表面,有两种情况:

一种是镀后尚需加工,其有关工序尺寸换算,与渗碳零件有关工序尺寸换算是相同的;

另外一种是镀后不加工,其工序尺寸换算或封闭环的判断则不相同。

例:如图所示轴套零件,其 $\Phi 28_{-0.045}$ 外圆表面要求镀铬,镀层厚度为 $0.025\text{—}0.04$ (即双边为 $0.05\sim 0.08$ 或 $0.08_{-0.03}$),该表面的加工顺序为:车—磨—电镀,求磨外圆的工序尺寸A。

任务二 确定工序尺寸及公差

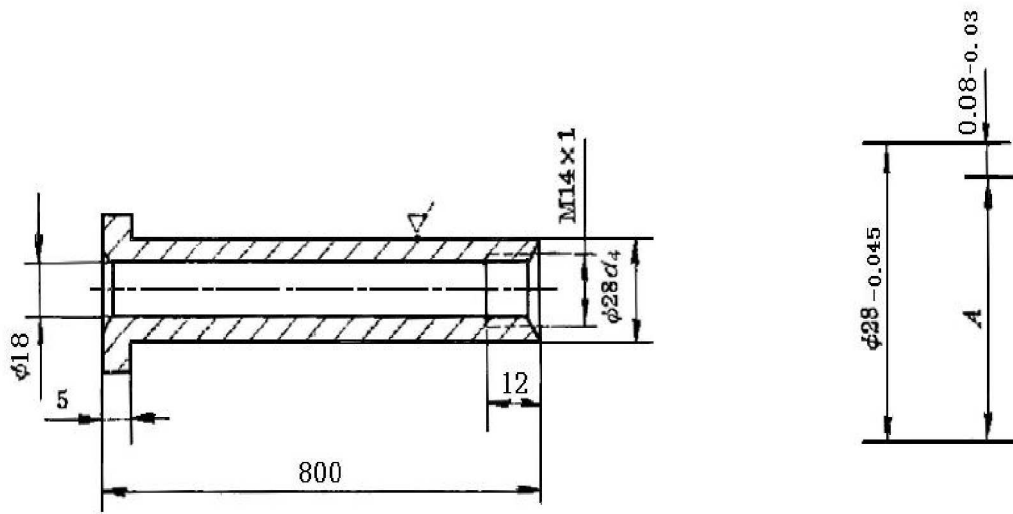


图2-48 轴套零件外圆电镀示意图

任务二 确定工序尺寸及公差

解:1) 画尺寸链图

2) 判断环的性质

镀后保证的设计尺寸 $\Phi 28_{-0.045}$ 为封闭环,
工序尺寸A及镀层厚度 $0.08_{-0.03}$ 为增环。

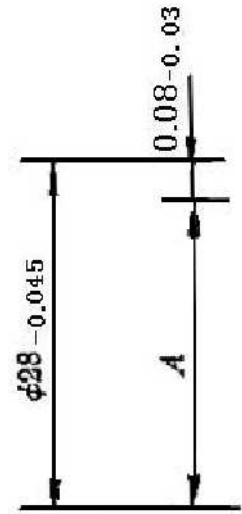
3) 计算尺寸链

$$A = 28 - 0.08 = 27.92 \text{mm}$$

$$0 = \text{ESA}_1 + \text{ESA}_2 \quad \text{ESA}_1 = 0 - 0$$

$$-0.045 = \text{EIA}_1 - 0.03 \quad \text{EIA}_1 = -0.015 \text{mm}$$

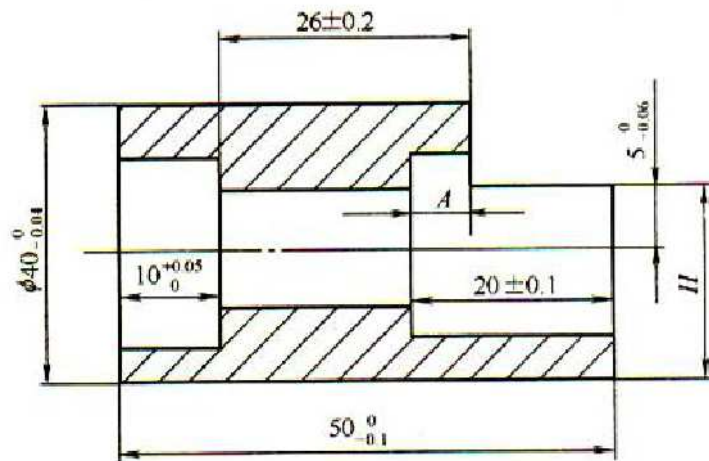
则, 磨外圆的工序尺寸 $A_1 = 27.92_{-0.015} \text{mm}$



任务二 确定工序尺寸及公差

[习题1]

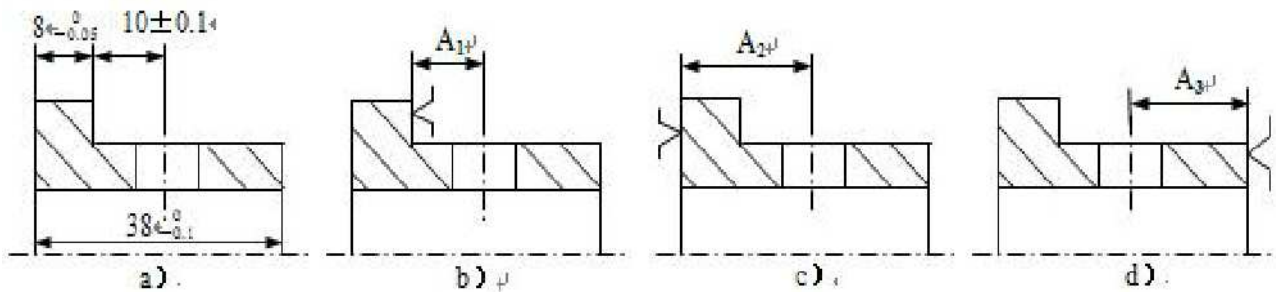
图 1-3-30 所示为轴套零件，在车床上已加工好外圆、内孔及各面，现需在铣床上铣出右端槽，并保证尺寸 $5_{-0.06}^0$ mm 及 26 ± 0.2 ，求试切调刀时的度量尺寸 H 、 A 及其上下偏差。



任务二 确定工序尺寸及公差

[习题2]

4-3 习图 5-4-2 所示 a) 为一轴套零件，尺寸 $38_{-0.1}^0$ mm 和 $8_{-0.05}^0$ mm 已加工好，b)、c)、d) 为钻孔加工时三种定位方案的简图。试计算三种定位方案的工序尺寸 A_1 、 A_2 和 A_3 。

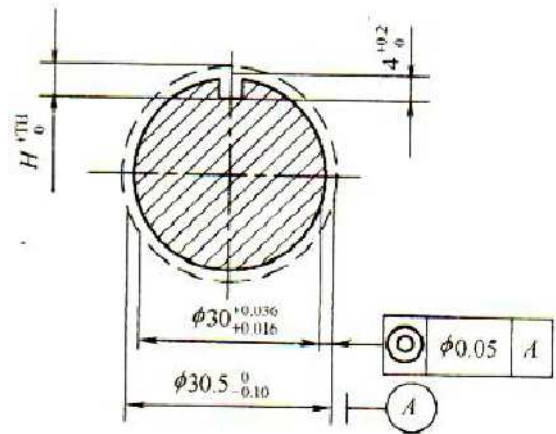


任务二 确定工序尺寸及公差

[习题3]

如右图中带键槽轴的工艺过程：

- 1、车外圆至 $\phi 30.5_{-0.10}^0$ mm;
- 2、铣键槽深度为 H^{+TH} ;
- 3、热处理磨外圆至 _____ mm;

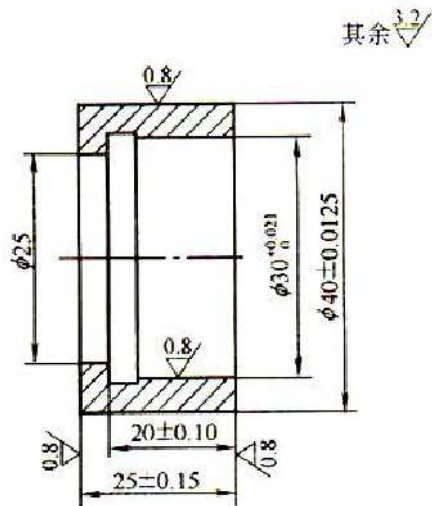


设磨后外圆与车后外圆的同轴度公差为 $\phi 0.05$ mm,求保证键槽深度尺寸 $4_{0}^{+0.2}$ mm的铣槽深度 H^{+TH} .

任务二 确定工序尺寸及公差

[习题4] 图 1-3-32 所示衬套，材料为 20 钢， $\phi 30^{+0.021}_0$ mm 内孔表面要求磨削后保证渗碳层深度 $0.8^{+0.03}_0$ mm，试求

- (1) 磨削前精镗工序的工序尺寸及偏差；
- (2) 精镗后热处理时渗碳层的深度尺寸及偏差。



任务三 确定切削要素

1、切削用量

切削用量是指切削速度 v_c 、进给量 f （或进给速度）和背吃刀量 a_p 。三者又称为切削用量三要素。

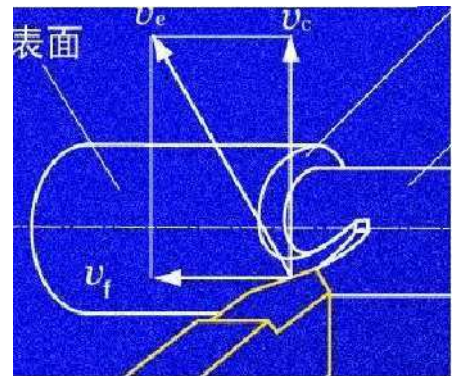
1) 切削速度 v (m / s 或 m / min)

切削刃相对于工件的主运动速度称为切削速度。

主运动为旋转运动： $v_c = \pi d n / 1000$

往复运动： $v_c = 2Lnr / 1000$

式中： d -工件或刀具的最大直径 (mm)
 n -工件或刀具的转速 (r/s 或 r/min)



任务三确定切削要素

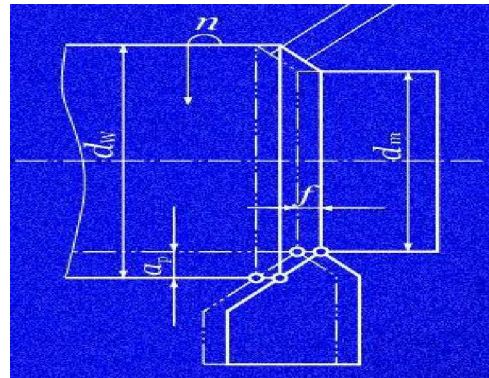
2)进给量f

工件或刀具转一周（或每往复一次），两者在进给运动方向上的相对位移量称为进给量，其单位是mm / r（或mm / 双行程）。

$$V_f = nf = nz f_z$$

式中： V_f —为进给速度

f_z —为每齿进给量



3)背吃刀量 $a_p(\text{mm})$

已加工表面与待加工表面之间的垂直距离。

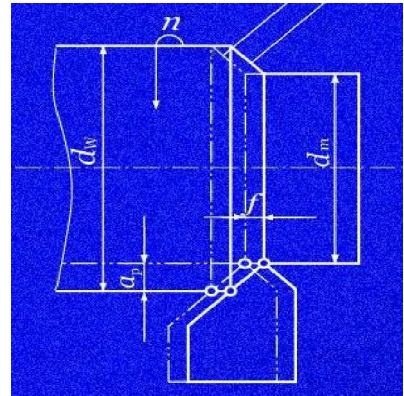
$$A_P = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中:

d_w -工件上待加工表面直径 (mm)

d_m -工件上已加工表面直径 (mm)

钻孔时: $a_p = d_m/2$



任务三确定切削要素

例题：车外圆时工件加工前直径为**62mm**，加工后直径为**56mm**，工件转速为**4r/S**，刀具每秒钟沿工件轴向移动**2mm**，工件加工长度为**110mm**，切入长度为**3mm**，求 **v** 、 **f** 、 **a_p** 。

解：

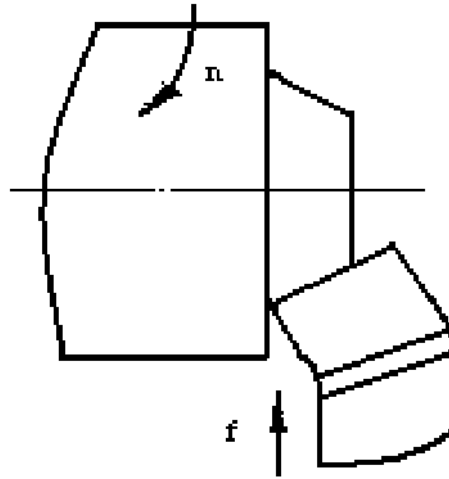
$$v = \pi dn / 1000 = \pi \cdot 62 \cdot 4 / 1000 = 0.779 \text{ m/S}$$

$$f = v_f / n = 2 / 4 = 0.5 \text{ mm/r}$$

$$a_p = (d_w - d_m) / 2 = (62 - 56) / 2 = 3 \text{ mm}$$

任务三确定切削要素

例：标出背吃刀量 a_p 、进给量 f 、



2. 合理切削用量的选择原则

1) 切削用量的选择原则

粗加工时，应在保证必要的刀具使用寿命的前提下，以尽可能提高生产率和降低成本为目的。根据刀具使用寿命与切削用量的关系式，

切削用量 \uparrow ， $T\downarrow$ ，其中速度 v 对 T 影响最大，进给量 f 次之，背吃刀量 a_p 影响最小。

粗加工中选择切削用量时，应首先选择尽可能大的背吃刀量 a_p ，其次在工艺条件允许下选择较大的进给量 f ，最后根据合理的刀具使用寿命，用计算法或查表法确定切削速度 v 。这样使 v 、 f 、 a_p 的乘积最大，以获得最大的生产率

精加工时则主要按表面粗糙度和加工精度要求确定切削用量。

任务三确定切削要素

切削用量同加工生产率的关系

$$P=1/t_m$$

$$t_m = \frac{L_w \Delta}{n_w a_p f} = \frac{\pi d_w L_w \Delta}{10^3 v a_p f}$$

式中， d_w — 车削前的毛坯直径（mm）；
 L_w — 工件切削部分长度（mm）；
 Δ — 加工余量（mm）；
 n_w — 工件转速（r/min）。

任务三确定切削要素

利用上式，选用一定的切削条件进行计算，可以得到如下的结果：

(1) f 保持不变， a_p 增至 $3a_p$ ，如仍保持刀具合理的耐用度，则 v_c 必须降低 15%，此时生产率 $P_{3a_p} \approx 2.6P$ ，即生产率提高至 2 倍。

(2) a_p 保持不变， f 增至 $3f$ ，如仍保持刀具合理的耐用度，则 v_c 必须降低 32%，此时生产率 $P_{3f} \approx 2P$ ，即生产率提高至 2 倍。

由此可见，增大 a_p 比增大 f 更有利于提高生产率。

(3) 切削速度高过一定的临界值时，生产率反而会降低。

2) 切削用量制订的步骤 (以车削为例)

(1) 背吃刀量 a_p 的选择

粗加工时, a_p 由加工余量和工艺系统的刚度决定, 尽可能一次走刀切除全部加工余量。

半精加工时, a_p 可取 0.5~2 mm。

精加工时, a_p 取为 0.1~0.4 mm。

在加工余量过大或系统刚性不足情况下, 粗加工可分几次走刀。若分两次走刀, 第一次走刀的 a_p 取大些, 可占全部余量的 2/3~3/4, 而第二次走刀的 a_p 取小些, 以使精加工工序具有较高的刀具寿命和加工质量。

切削有硬皮的铸、锻件或不锈钢等加工硬化严重的材料时, 应尽量使 a_p 超过硬度或冷硬层厚度, 以避免刀尖过早磨损。

任务三确定切削要素

(2) 进给量 f 的选择

粗加工时， f 的大小主要受机床进给机构强度、刀具的强度与刚性、工件的装夹刚度等因素的限制。

精加工时， f 的大小主要受加工精度和表面粗糙度的限制。

生产实际中常根据经验或查表法确定 f 。

粗加工时根据工件材料、车刀刀杆尺寸、工件直径及以确定的背吃刀量可按附表来选择 f 。

在半精加工和精加工时，则按加工表面粗糙度要求，根据工件材料、刀尖圆弧半径、切削速度按附表来选择 f 。

(3) 切削速度的确定

根据已经选定的背吃刀量 a_p 、进给量 f 及刀具使用寿命 T ，切削速度 v 可按下列式计算求得

$$v = \frac{C_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} K_v \quad (3-36)$$

式中各系数和指数可查阅切削用量手册。
切削速度值也可查附表来选定。

任务三确定切削要素

生产中选择切削速度的一般原则是：

- 1) 粗车时， a_p 和 f 均较大，故选择较低的切削速度 v ；
精车时， a_p 和 f 均较小，故选择较高的切削速度 v 。
- 2) 工件材料强度、硬度高时，应选较低的切削速度 v ；
反之，选较高的切削速度 v 。
- 3) 刀具材料性能越好，切削速度 v 选得越高。

切削合金钢比切削中碳钢切削速度应降低20%~30%；

切削调质状态的钢比正火、退火状态钢要降低20%~30%；

切削有色金属比切削中碳钢的切削速度可提高100%~300%；

任务三确定切削要素

- 4) 精加工时应尽量避免积屑瘤和鳞刺产生的区域;
- 5) 断续切削时为减小冲击和热应力, 宜适当降低 v ;
- 6) 在易发生振动的情况下, v 应避开自激振动的临界速度;
- 7) 加工大件、细长件和薄壁件或加工带外皮的工件时, 应适当较低 v 。

切削用量三要素选定之后, 还应校核机床功率。

3、切削层参数

由切削刃正在切削的这一层金属叫作**切削层**。切削层的截面尺寸称为**切削层参数**。

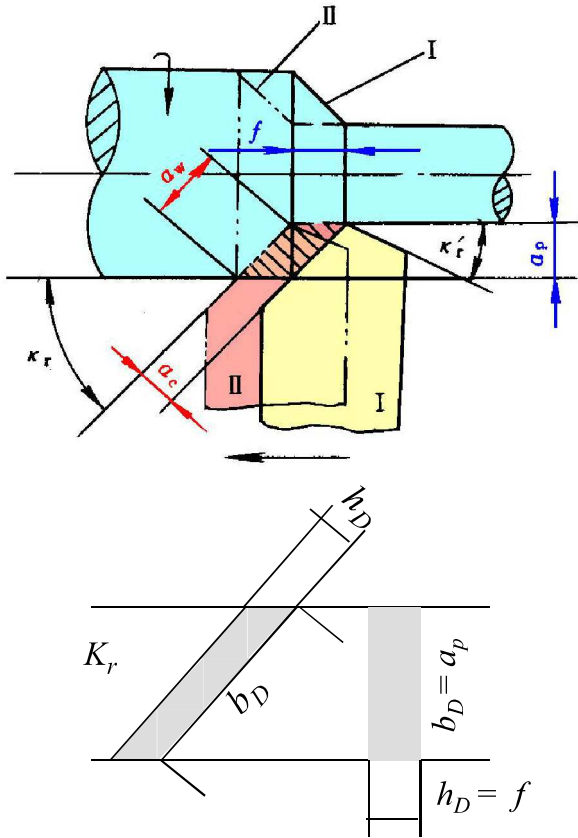
它决定了刀具切削部分所承受的负荷和切屑尺寸的大小，通常在基面 P_r 内度量。

切削厚度 h_d 是指在同一瞬间的切削层横截面积与其公称切削层宽度之比，单位：**mm**

切削宽度 b_D 是指在给定瞬间，在切削层尺寸平面中测量的作用主切削刃截形上两个极点间的距离，单位：**mm**

切削面积 A_D 是指在给定瞬间，切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积，单位：**mm²**

任务三确定切削要素



1. 切削厚度 $h_D (\lambda_s = 0)$

$$h_D = f \sin \kappa_r$$

2. 切削宽度 b_D

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r$$

3. 切削层面积 $A_D (\kappa_r' = 0)$

$$A_D = h_D b_D = f a_p$$

1. 提高生产率的途径

1) 时间定额

定义：在一定生产条件下，生产一件产品或完成一道工序所需消耗的时间。

组成

- **基本时间 t_B ：**直接改变生产对象的性质，使其成为合格产品或达到工序要求所需时间（包括切入、切出时间）
- **辅助时间 t_A ：**为实现工艺过程必须进行的各种辅助动作时间，如装卸工件、启停机床、改变切削用量及进退刀等

任务四技术经济分析

- **布置工作地时间 t_C** ：包括更换刀具、润滑机床、清理切屑、收拾工具等。
- **休息和生理需要时间 t_R** ：工人在工作班内，为恢复体力和满足生理需要所需时间。
- **准备终结时间 t_p** ：如熟悉工艺文件、领取毛坯、安装夹具、调整机床、发送成品等

任务四技术经济分析

2) 单件时间与单件工时定额计算

单件时间:

$$T_S = t_B + t_A + t_C + t_R$$

单件工时定额:

$$T_Q = t_B + t_A + t_C + t_R + \frac{t_P}{B}$$

式中 t_B ——基本时间
 t_A ——辅助时间
 t_C ——布置工作地时间
 t_R ——休息和生理需要时间
 t_P ——准备终结时间
 B ——批量

3)提高机械加工生产率的工艺措施

(1)缩减单件时间定额

※缩短基本时间：

- ① 提高切削用量（切削速度、进给量、切削深度等）；
- ② 采用多刀多刃进行加工（如以铣削代替刨削，采用组合刀具等）；
- ③ 采用复合工步，使多个表面加工基本时间重合（如多刀加工，多件加工等）。

任务四技术经济分析

※ 缩短辅助时间：

- ① 使辅助动作实现机械化和自动化（如采用自动上下料装置、先进夹具等）；
- ② 使辅助时间与基本时间重叠（如采用多位夹具或多位工作台，使工件装卸时间与加工时间重叠；采用在线测量，使测量时间与加工时间重叠等）

※ 缩短布置工作地时间：

主要是减少换刀时间和调刀时间

任务四技术经济分析

※缩短准备终结时间：

- 在中小批量生产中采用成组工艺和成组夹具
- 在数控加工中，采用离线编程及加工过程仿真技术

(2)采用先进工艺方法

- 采用先进的毛坯制造新工艺
- 采用特种加工方法
- 进行高效、自动化加工

2. 工艺方案的经济分析

1) 工艺成本

- 生产成本——生产一件产品或一个零件所需费用总和。
- 工艺成本——生产成本中与工艺过程直接有关的部分。
- 工艺成本可分为两部分：

可变费用： V

不变费用： S

任务四技术经济分析

① **可变费用**：与年产量有关且与之成比例的费用，记为 V 。包括材料费，机床工人工资及工资附加费，机床使用费，普通机床折旧费，刀具费，通用夹具折旧费等。

② **不变费用**：与年产量的变化没有直接关系的费用，记为 S 。包括调整工人工资及工资附加费，专用机床折旧费，专用夹具折旧费等。

零件加工的全年工艺成本 E 为： $E = NV + S$ 元/年

式中： V ——可变费用，元/件；

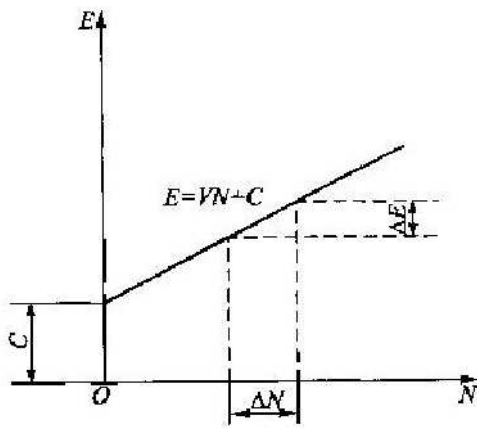
N ——年产量，件/年；

S ——全年的不变费用，元/年。

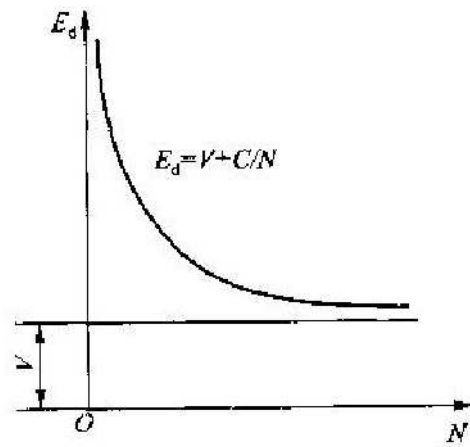
单件工艺成本 E_d 为： $E_d = V + S/N$ 元/件

任务四技术经济分析

2) 工艺成本与年产量的关系



全年工艺成本与年产量的关系



单件工艺成本与年产量的关系

任务四技术经济分析

3) 不同工艺方案经济性比较

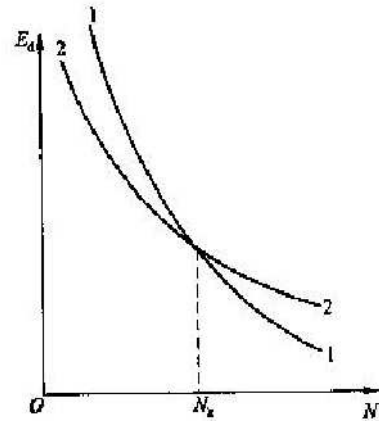
A、若两种工艺方案基本投资相近，或都采用现有设备时，可以比较其工艺成本。

如两种工艺方案只有少数工序不同，可比较其单件工艺成本。当年产量 N 为一定时，有

$$\text{方案 I: } E_{d1} = V_1 + S_1 / N$$

$$\text{方案 II: } E_{d2} = V_2 + S_2 / N$$

当 $E_{d1} > E_{d2}$ 时，方案II的经济性好， E_d 值小的方案经济性好，如右图



两种方案单件工艺成本比较

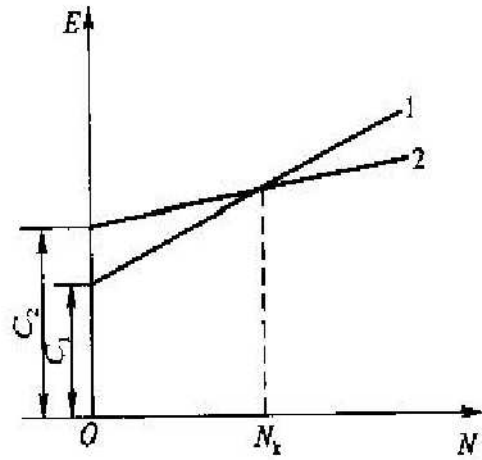
任务四技术经济分析

当两种工艺方案有较多的工艺不同时，可对该零件的全年工艺成本进行比较，两方案全年工艺成本分别为

$$\text{方案 I: } E_1 = NV_1 + S_1$$

$$\text{方案 II: } E_2 = NV_2 + S_2$$

则E值小的方案经济性好，如右图所示。



两种方案全年工艺成本比较

任务四技术经济分析

由此可知，各方案的经济性好坏与零件年产量有关，当两种方案的工艺成本相同时的年产量称为临界产量 N_k 。

$$\text{即： } E_1 = E_2, \quad N_k V_1 + C_1 = N_k V_2 + C_2$$

$$\text{故： } N_k = (C_2 - C_1) / (V_1 - V_2)$$

任务四技术经济分析

B、若两种工艺方案的基本投资相差较大时，则应考虑不同方案的基本投资差额的回收期限 τ 。

方案1：采用价格较贵的高效机床及工艺装备，其基本投资 K_1 必然较大，但工艺成本 E_1 则较低；

方案2：采用价格便宜、生产率较低的一般机床和工艺设备，其基本投资 K_2 较小，但工艺成本 E_2 则较高。

方案1较低的工艺成本是增加了投资的结果。这时仅比较其工艺成本的高低是不全面的，而是应该同时考虑两种方案基本投资的回收期限。

任务四技术经济分析

所谓投资回收期：是指一种方案比另一种方案多耗费的
投资由工艺成本的降低所需的回收时间，常用 τ 表示。

τ 应小于基本投资设备的使用年限、小于国家规定的标准
回收年限、小于市场预测对该产品的需求年限。

它可由下式计算：

$$\tau = (K_1 - K_2) / (E_1 - E_2) = \Delta K / \Delta E$$

τ ——回收期限，年；

ΔK ——两种方案基本投资的差额，元；

ΔE ——全年工艺成本节差额，元/年。

1. 工艺文件的格式

1) 机械加工工艺过程卡片

以**工序**为单位，简要说明零部件的加工过程

2) 机械加工工艺卡片

以**工序**为单元，详细说明零件在某一工艺阶段中的工序号、工序名称、工序内容、工艺参数、操作要求以及采用的设备和工艺装备等

3) 机械加工工序卡片

按**每道工序**编制的一种工艺文件。一般具有工序简图，并详细说明该工序的每一个工步的加工内容、工艺参数、操作要求以及所用设备和工艺装备等。

2. 编制的注意事项

工序卡片要求画工序简图，工序简图须用定位夹紧符号表示定位基准、夹压位置和夹压方式；用加粗实线指出本工序的加工表面，标明工序尺寸、公差及技术要求。对于多刀加工和多工位加工，还应绘出工序布置图，要求表明每个工位刀具和工件的相对位置和加工要求。

3. 工艺文件的管理

1) 工艺文件的管理

2) 工艺文件的更改