



中山火炬职业技术学院
ZHONGSHAN TORCH POLYTECHNIC

机床夹具CAD技术

简易定位误差分析

主讲老师： 吴磊





简易定位误差分析

二、定位误差及其产生原因

1. 定位误差：

1) 基本概念

用夹具装夹加工一批工件时，由于定位不准确引起该批工件在某加工精度参数（尺寸、位置）的加工误差，称为该加工精度参数的定位误差（简称定位误差）。

2) 定位误差的大小：

定位误差指一批工件在夹具中定位时，工件的设计基准（或工序基准）在加工尺寸方向上的最大变动量，以 Δdw 表示。

（工序基准的位置变动将对加工精度有直接影响）

定位误差包括基准不重合误差 Δ_{jb} 和基准位移误差 Δ_{jw}

即：

$$\Delta_{dw} = \Delta_{jb} \pm \Delta_{jw}$$

注：1、根据一批工件的定位由一种可能的极端位置变为另一种极端位置时， Δ_{jb} 和 Δ_{jw} 的方向的异同，以确定公式中的加减号。

2、定位基准无位置变动，基准位移误差为零；定位基准与工序基准重合，基准不重合误差为零。

2、基准不重合误差： Δ_{jb}

当定位基准和工序基准不重合时，工序基准相对于定位基准在加工尺寸方向上的最大位移量，用表示。 Δ_{jb}

定位基准与工序基准之间必然存在一个联系尺寸L，称为定位尺寸，基准不重合误差就是定位尺寸的公差。在设计夹具时，应尽量使两者重合。

基准不重合误差 Δj_b ： 其大小等于工序基准与定位基准间联系尺寸在加工尺寸方向上的变动量（公差）。

【例1】

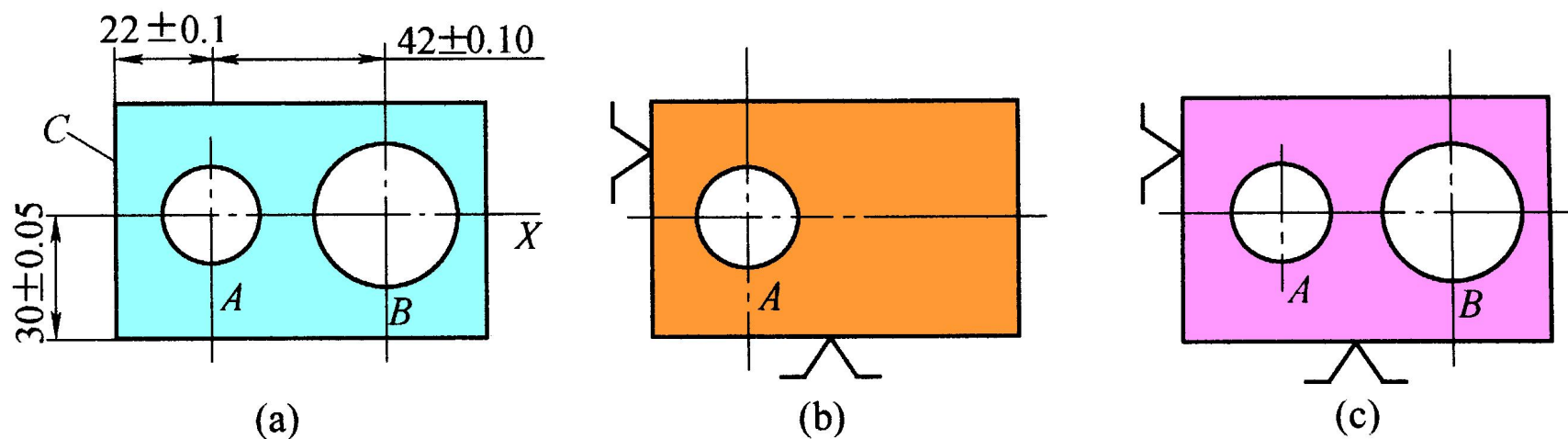


图 2 - 122 基准不重合的实例

一次安装加工两孔A和B，孔B在X方向定位基准C与设计基准A不重合，基准不重合误差为联系尺寸22的公差0.2

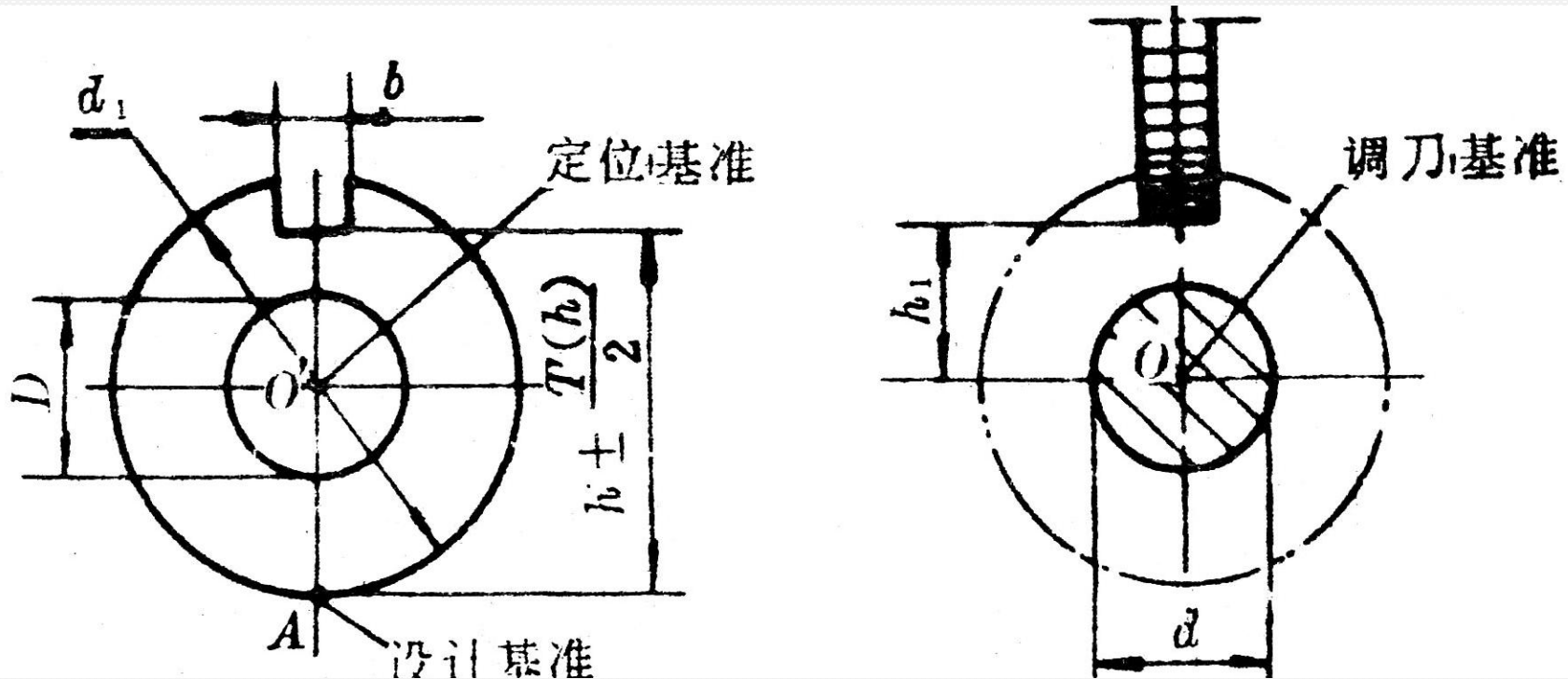
3、基准位移误差 Δ_{jb} :

定位基准相对对刀基准的位置移动产生的定位误差称为基准位移误差，用 Δ_{jb} 表示。基准位移误差与定位基准相对对刀基准的最大位置移动量密切相关。

对刀基准：就是调整刀具位置时所用的基准。

【例如】：

如图为一套筒类零件放在水平心轴上定位而铣键槽的例子，加工时要保证尺寸 b 和 h ， b 是由刀具本身的宽度尺寸决定，尺寸 h 则按心轴中心调整好铣刀的高度位置 h_1 来保证。（即心轴中心就是对刀基准！）



基准分析：

当保证键槽尺寸 h 时：

定位基准：工件内孔中心线；

工序基准：圆柱的下母线A；

对刀基准：定位心轴的外圆中心线。

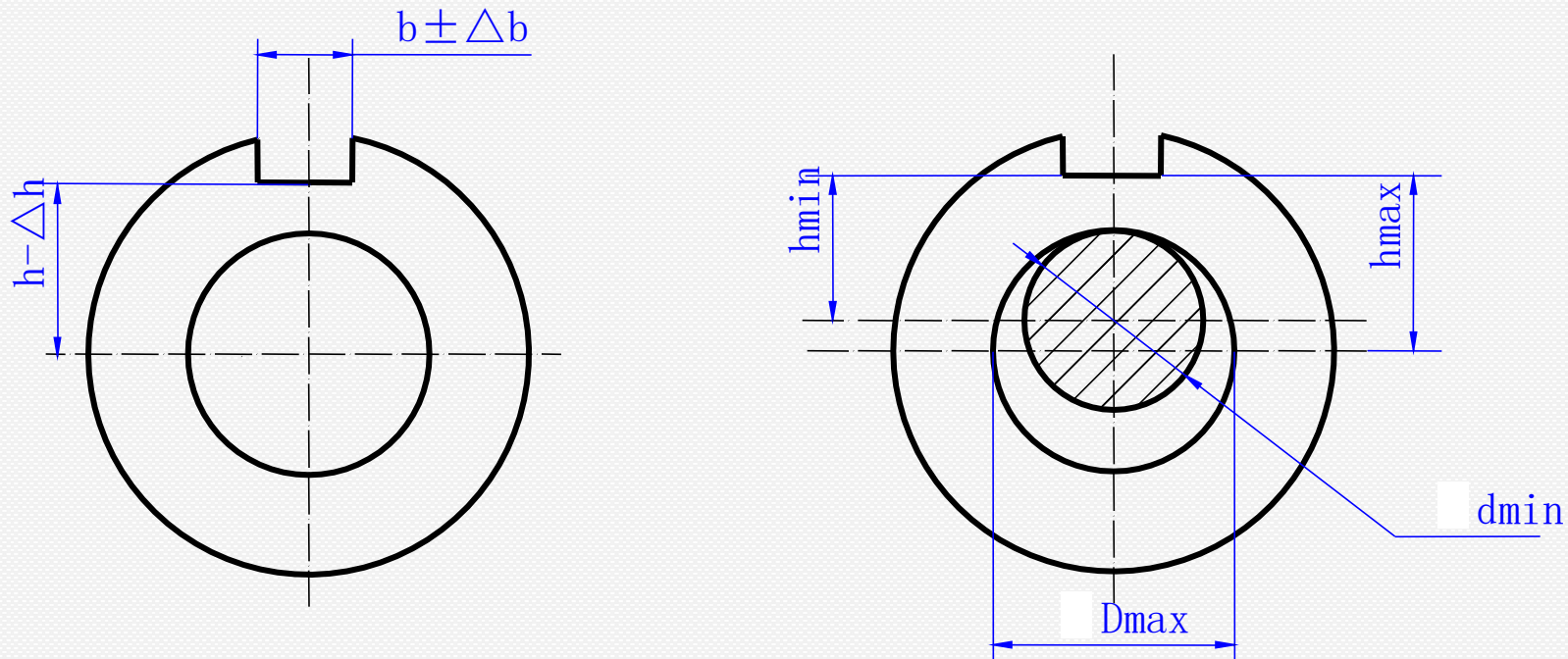
基准分析：

当保证尺寸 h_1 时：

定位基准：工件内孔中心线；

工序基准：工件内孔中心线；

对刀基准：定位心轴的外圆中心线。



基准位移误差产生原因

由上分析可知：

当定位基准和工序基准不重合时，工序基准相对定位基准产生位移，会产生基准不重合误差 Δ_{jb}

当定位副制造不准确时，会引起定位基准相对于对刀基准产生位移，从而产生基准位移误差^w

当两项误差同时发生时，所产生的定位误差为工序基准相对于对刀基准的最大位移

定位误差应表示为：

$$\Delta_{dw} = \Delta_{jb} \pm \Delta_{jw}$$

判断定位方案是否合理可行的依据是

误差不等式：
$$\Delta_{dw} \leq \frac{1}{3}T$$

式中：T-----工序尺寸的公差。

例如：上例铣键槽时，定位误差不得大于键槽尺寸 **h** 公差的1/3，即 $\frac{1}{3}T(h)$ 。

三、定位单个典型表面时定位误差的分析计算

1. 平面定位时的定位误差

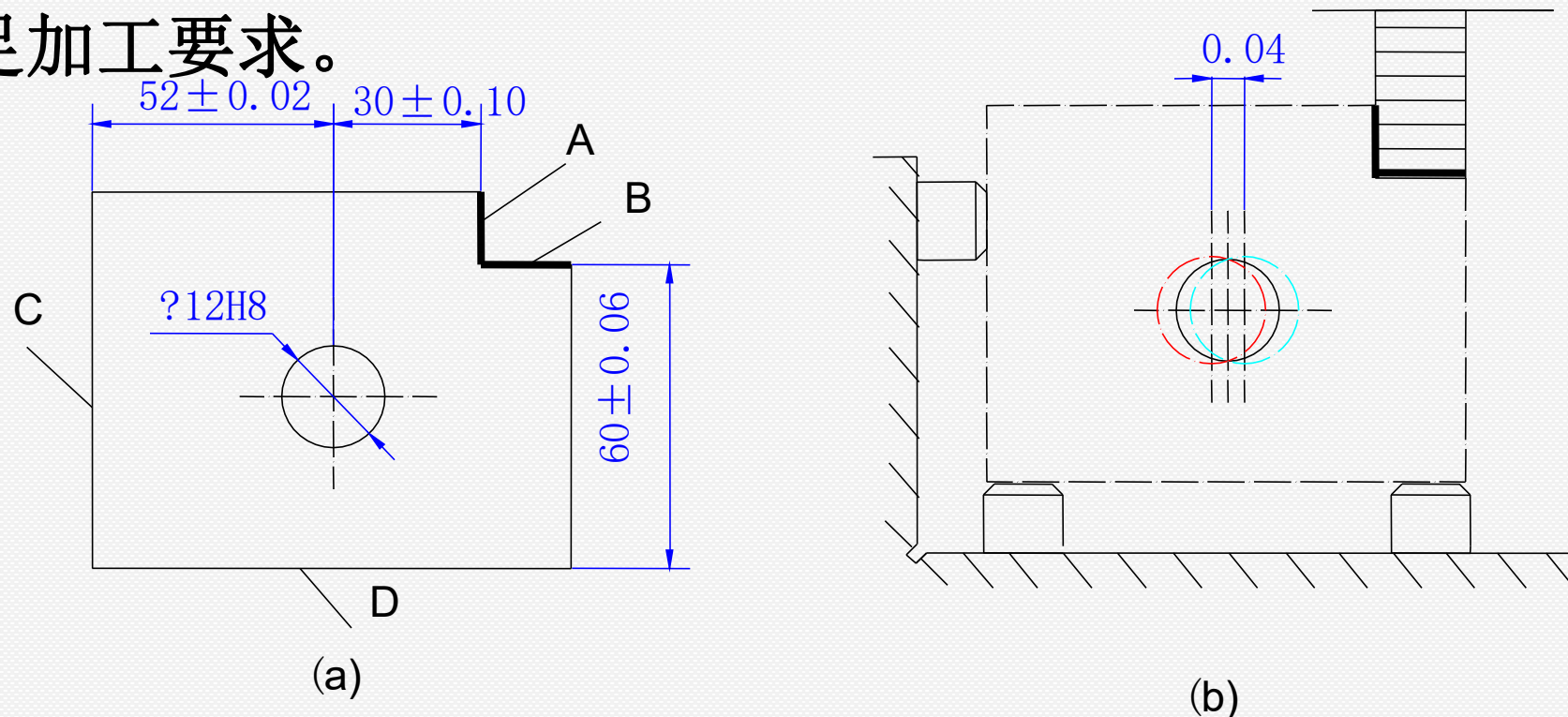
定位基准和对刀基准是重合的，不存在基准位移误差，

$$\Delta_{jw} = 0$$

其可能产生的误差是基准不重合误差。

$$\Delta_{dw} = \Delta_{jb} + 0$$

【例1】 加工一批工件如图所示，除了A、B处台阶面其余各表面均已加工完成，现在采用由图所示夹具定位方案加工A、B面，保证尺寸 $30 \pm 0.1\text{mm}$ 和 $60 \pm 0.06\text{mm}$ ，试分析此定位方案产生的定位误差能否满足加工要求。



铣台阶面工序定位误差的分析计算

1. 30 ± 0.1 , 定位基准是C, 工序基准是孔的轴线,
定位尺寸为 52 ± 0.02 ,

$$\Delta_{jw} = 0 \quad (\text{定位基准与对刀基准是同一平面})$$

$$\Delta_{jb} = 0.04 \quad (\text{工序基准相对于定位基准的位移量})$$

$$\text{故} \quad \Delta_{dw} = \Delta_{jb} \pm \Delta_{jw} = 0.04$$

$$\text{可以满足要求} \quad \Delta_{dw} \leq \frac{1}{3} \times 0.2 \approx 0.066$$

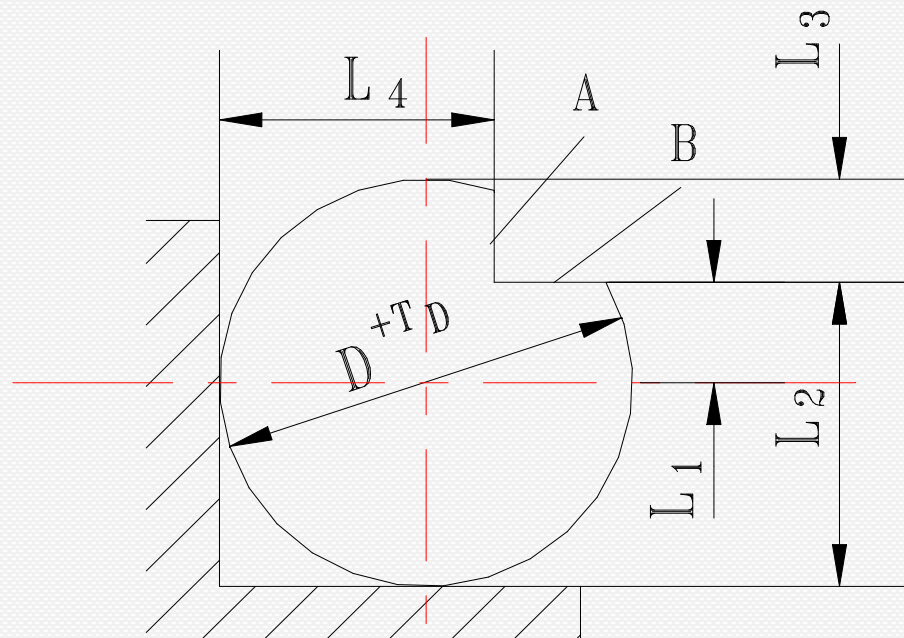
2. 60 ± 0.06 , 定位基准D, 工序基准为D, 定位基准和工序基准重合, 定位基准与对刀基准重合。

$$\Delta_{jb} = 0, \quad \Delta_{jw} = 0 \quad \text{所以} \quad \Delta_{dw} = \Delta_{jb} \pm \Delta_{jw} = 0$$

Δ_{jb} : 工序基准相对于定位基准在加工尺寸方向上的最大位移量。

Δ_{jw} : 定位基准相对对刀基准的最大移动量

【例2】如下图所示零件的定位方案，求铣A、B两平面时 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 的定位误差 δL_1 、 δL_2 、 δL_3 、 δL_4 ?



解:

$$\delta_{L1} = \Delta_{jb} + \Delta_{jy} = \Delta_{jb} + 0 = \frac{1}{2}TD$$

$$\delta_{L2} = \Delta_{jb} + \Delta_{jy} = 0$$

$$\delta_{L3} = \Delta_{jb} + \Delta_{jy} = TD + 0 = TD$$

$$\delta_{L4} = \Delta_{jb} + \Delta_{jy} = 0$$

工序基准 : 工序图上工序尺寸的设计基准。

对刀基准: 调整刀具位置时所用的基准。

定位基准 : 在加工过程中使工件占据正确加工位置所使用的基准

2. 圆孔定位时定位误差的计算

工件采用圆孔定位室时，工件定位面是圆柱孔，定位工件的定位工作面是外圆柱面，两者以一定性质的配合实现工件定心定位，应根据配合性质的不同，分别计算定位误差。

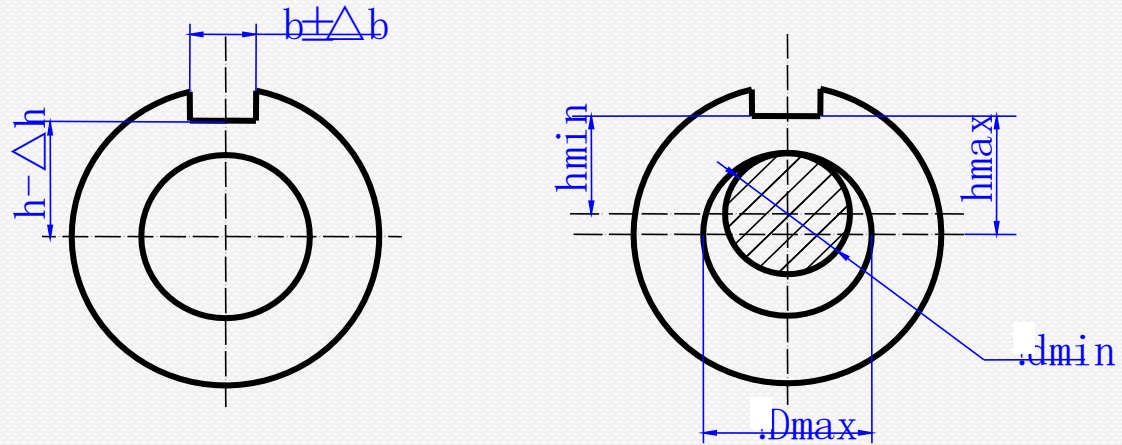
1) 定位面与定位工作面是过盈配合，不存在配合间隙。则，

$$\Delta_{jw} = 0 \quad \Delta_{dw} = \Delta_{jb}$$

2) 定位面和定位工作面作间隙配合

根据前述, Δ_{jw} 是由内孔和心轴之间的最大间隙所决定的:

$$\Delta_{jw} = \frac{1}{2} (D_{\max} - d_{\min})$$



其中:

基准位移误差产生原因

D_{\max} 为定位孔的最大值

d_{\min} 为定位用心轴或销子的最小直径

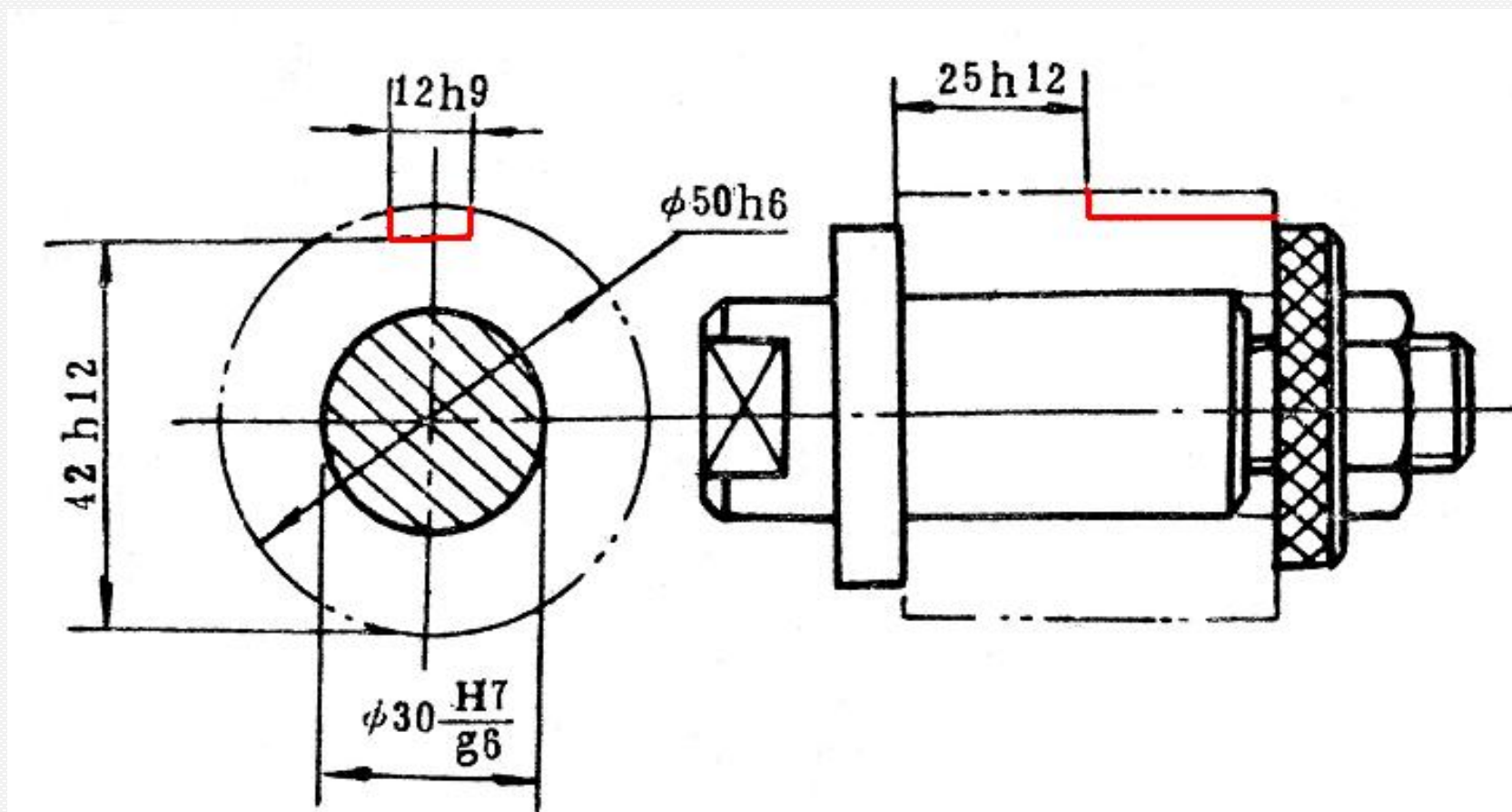
(即 Δ_{jw} 等于定位的孔和心轴间最大间隙的一半!)

【例3】 有一批如图所示的工件，外圆为 $\phi 50h6(0_{-0.016})$ ，内孔为 $\phi 30H6(+0.021_0)$ ，两端面均已加工合格，并保证外圆对内孔的同轴度误差 $T(e) = \phi 0.015$ 在范围内。今按图示的定位方案，用 $\phi 30g6(+0.007_{-0.020})$ 心轴定位，在立式铣床上用顶尖顶住心轴铣 $12h9(0_{-0.043})$ 槽子。除槽宽要求外，还应保证下列要求：

(1) 槽的轴向位置尺寸； $L_1 = 25h12(0_{-0.21})$

(2) 槽底位置尺寸 $H_1 = 42h12(0_{-0.25})$

试分析计算定位误差，判断定位方案的合理性。



用心轴定位内孔铣槽工序的定位误差分析计算

解：(1) 对尺寸 $L_1 = 25h12(0_{-0.21})$ 而言：

工序基准、定位基准和对刀基准都是工件左端面，平面定位。

所以， $\Delta_{jw} = 0$ $\Delta_{jb} = 0$ $\Delta_{dw} = \Delta_{jb} \pm \Delta_{jw} = 0$

(2) 对尺寸 $H_1 = 42h12(0_{-0.25})$ 来说：尺寸 H_1 的定位误差：

工序基准为外圆下母线，

定位基准为内孔中心线，

对刀基准为心轴中心线。

定位基准和工序基准不重合，定位尺寸为 $\frac{1}{2}\phi 50h6(0_{-0.016})$

$$\Delta_{jb1} = \frac{1}{2} \times 0.016 = 0.008 \quad (\text{这仅是外圆下母线和}$$

外圆圆心之间的位置关系，没考虑同轴度！)

内孔和外圆有同轴度误差，这项误差会引起的基准不重合误差为： $\Delta_{jb2} = T(e) = 0.015$

$$\text{则 } \Delta_{jb} = \Delta_{jb1} + \Delta_{jb2} = 0.008 + 0.015 = 0.023$$

(基准不重合误差是这两项之和！)

内孔和心轴作间隙配合，所引起的基准位移误差为：

$$\begin{aligned} \Delta_{jw} &= \frac{1}{2}(D_{\max} - d_{\min}) = \frac{1}{2}[30 + 0.021 - (30 - 0.020)] \\ &= 0.0205 \end{aligned}$$

Δ_{jb1} Δ_{jb2} Δ_{jw} 三个量都是独立变量，互不相干，又都在同一尺寸方向上，因此

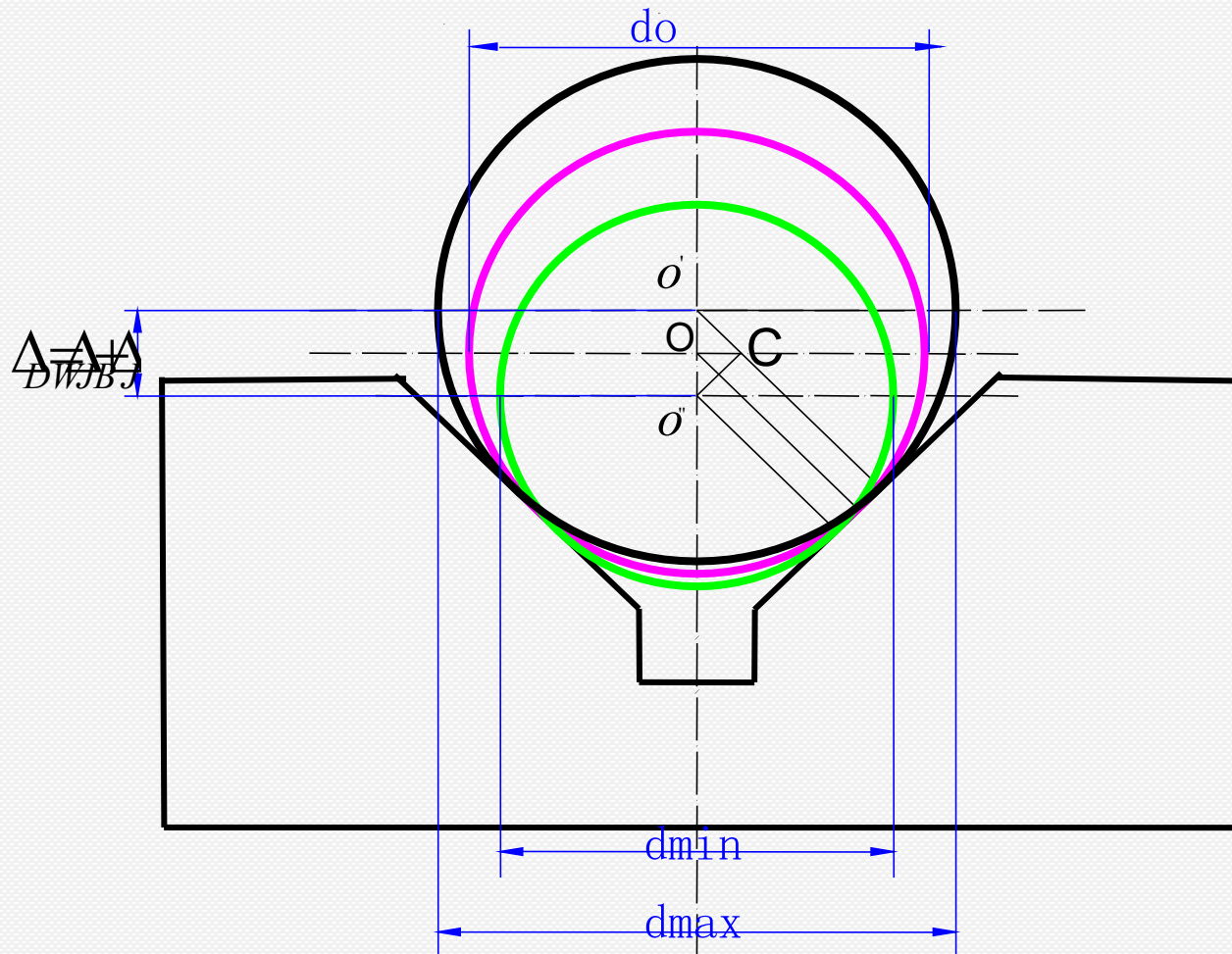
$$\Delta_{dw} = \Delta_{jb1} + \Delta_{jb2} + \Delta_{jw} = 0.008 + 0.015 + 0.021 = 0.044$$

定位误差占尺寸公差的 $\frac{0.044}{0.25} = 17.6\% < \frac{1}{3}$ ，能保证加工要求。

3、V形块定位外圆时的定位误差的分析计算

V形块是一个定心定位元件，定位面是外圆柱面：
定位基准是外圆轴线；
对刀基准是理论圆的轴线。（理论圆直径尺寸为工件定位外圆直径的平均尺寸）

当一批工件在V形块上定位时，由于外圆直径变化引起定位基准相对对刀基准发生位置的变化，产生 Δ_{jw} 如图所示：

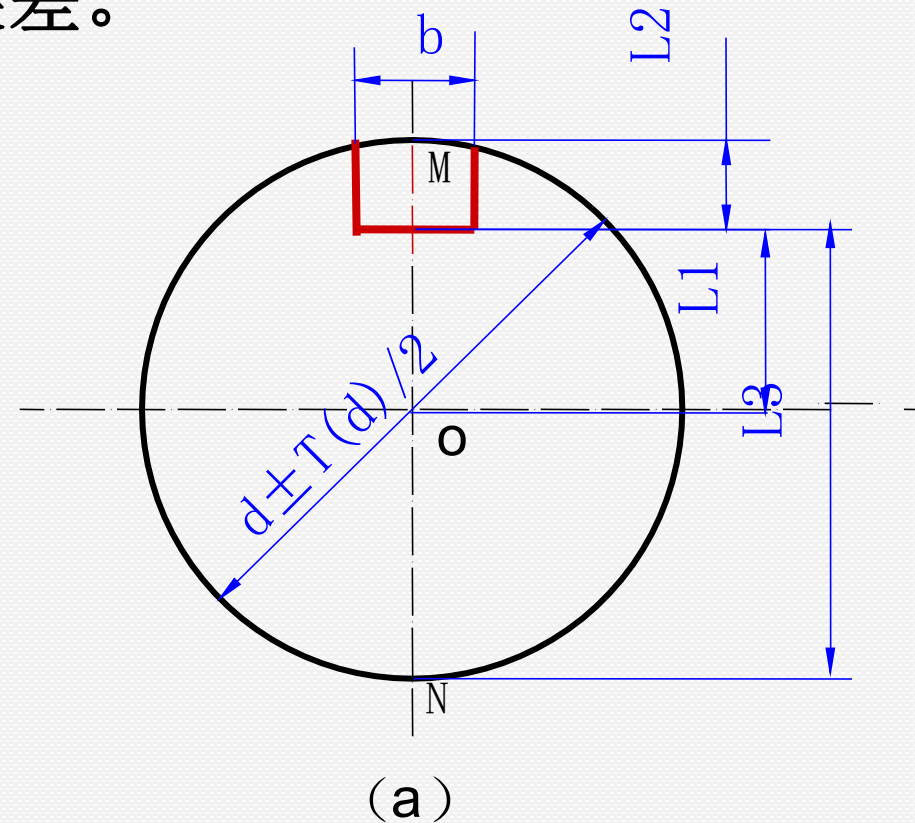


如上图，O为理论圆的中心，O'，O''为外圆直径为 d_{\max} 和 d_{\min} 时的圆心位置。在 $\triangle O'CO''$ 中，

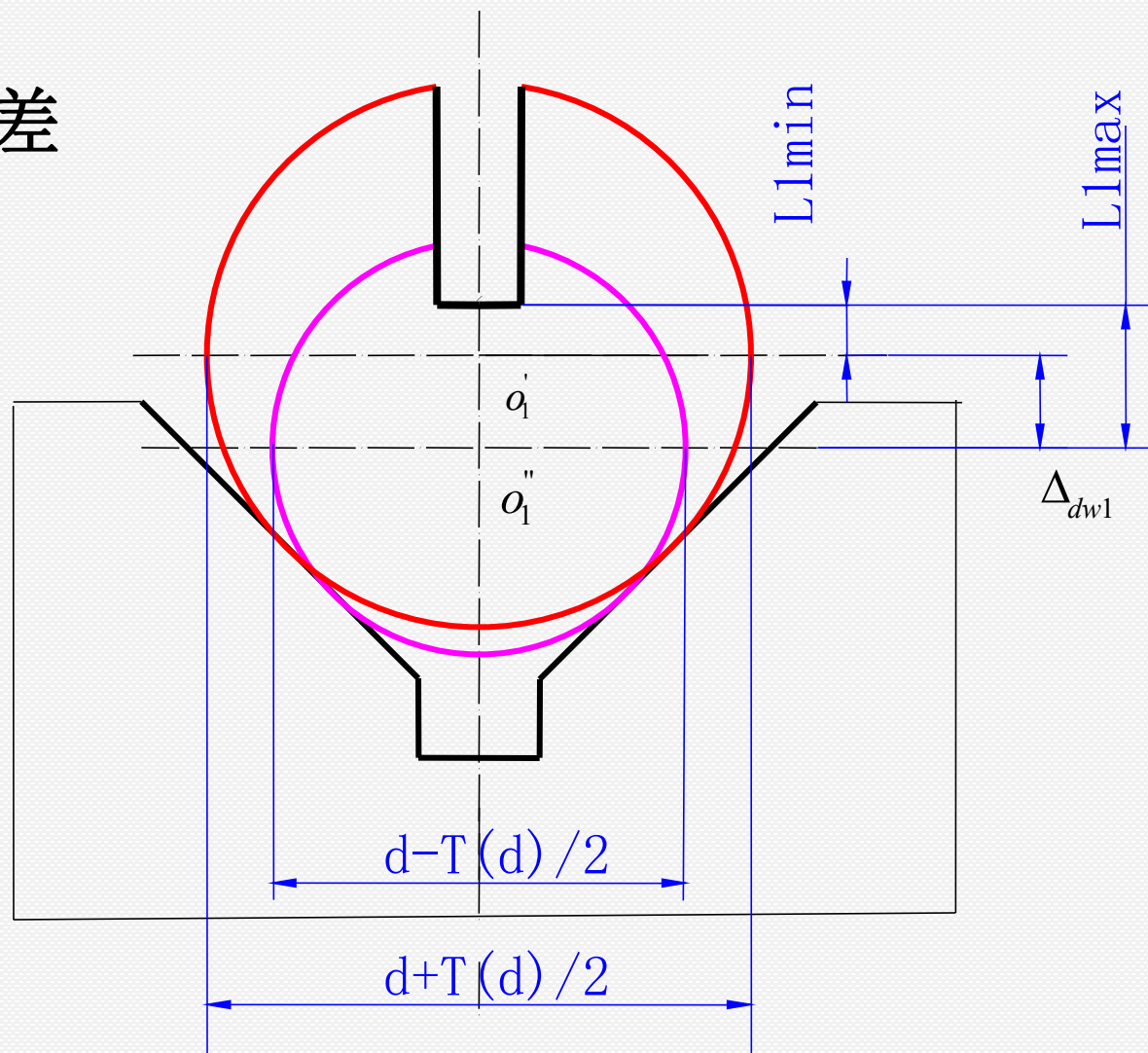
V形块定位外圆时的定位误差分析计算

$$\Delta_{jw} = O'O'' = \frac{O'C}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\frac{1}{2}(d_{\max} - d_{\min})}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{T(d)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

【例4】一批如图（a）所示工件，外圆已经加工合格，现在用V形块定位铣宽度为**b**的槽，若要求保证槽底的尺寸分别为**L1**，**L2**，**L3**，试分别计算这三种不同尺寸要求的定位误差。



1) L1的定位误差



(b)

解：1) L1的定位误差

L1工序基准为外圆轴线，

定位基准为外圆轴线。两者不存在基准不重合误

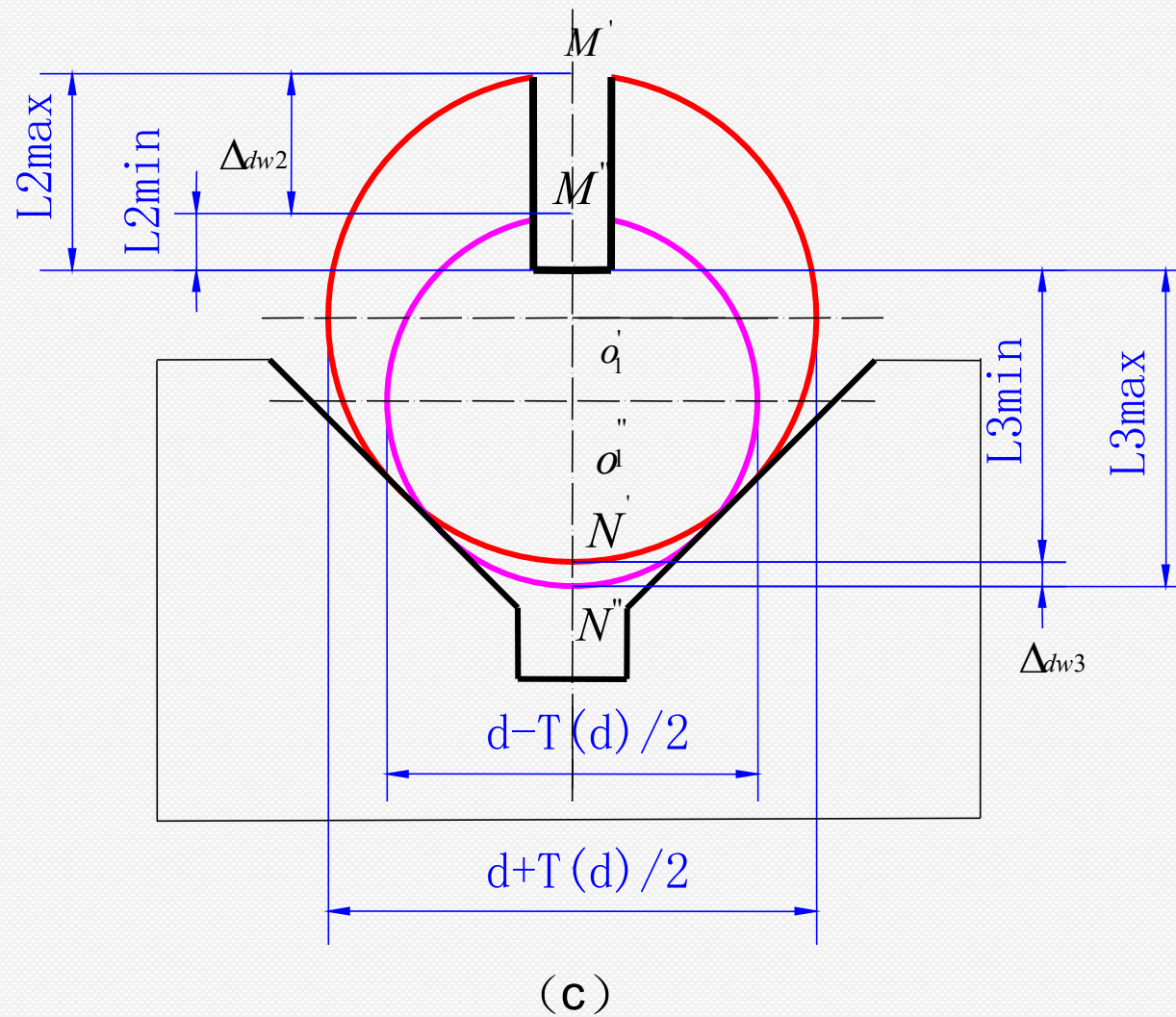
差，故 $\Delta_{jb} = 0$

对刀基准为理论圆中心。存在基准位移误差

$$\Delta_{jw} = \frac{\frac{1}{2}(d_{\max} - d_{\min})}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{T(d)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\Delta_{dw} = \Delta_{jb} + \Delta_{jw} = \frac{T(d)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

2) L2尺寸的定位误差



V形块定位外圆铣槽时的三种不同尺寸要求及其定位误差计算

L2尺寸的定位误差

L2的工序基准:外圆上母线

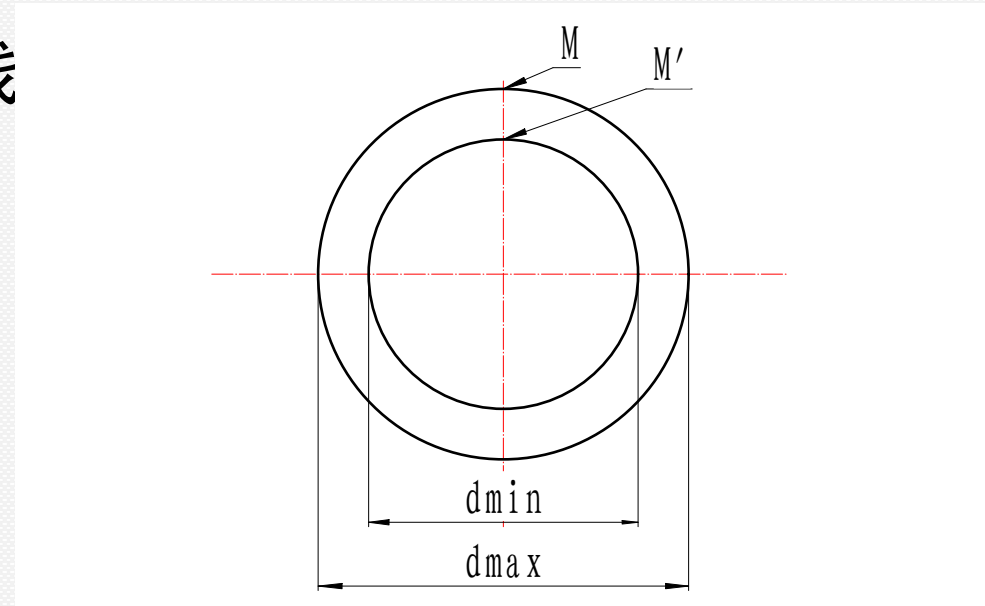
定位基准:外圆中心,

存在基准不重合误差(工序基准M由于定位圆柱面的制造误差引起的位移):

$$\Delta_{jb} = MM' = \frac{T(d)}{2}$$

对刀基准为理论圆中心。存在基准位移误差: Δ_{jw}

$$\Delta_{jw} = \frac{\frac{1}{2}(d_{\max} - d_{\min})}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{T(d)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$



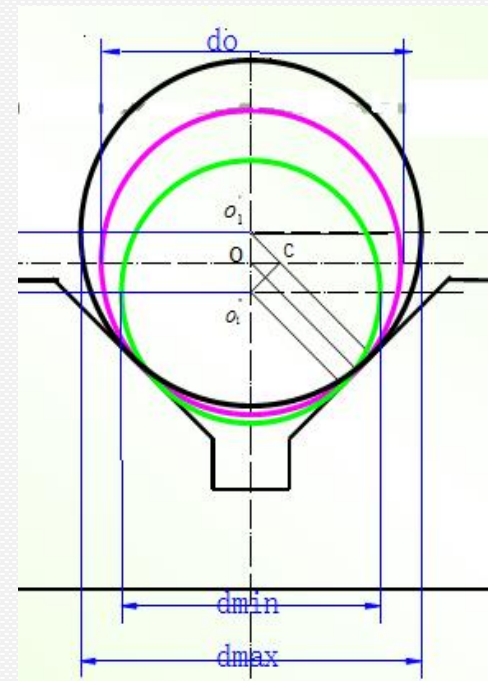
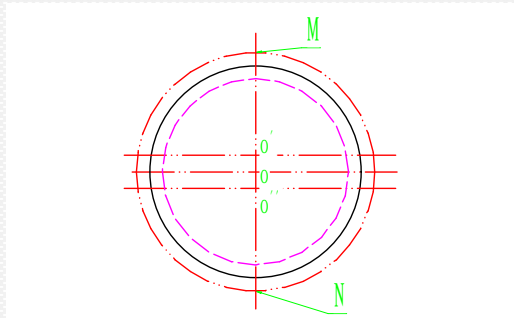
L2 的定位误差为两者的合成。两者都是由外圆直径的变化同时引起的。所以**要判断两者的方向**特点。

当外圆直径从大到小时，工序基准M相对定位基准O是向0方向即向下偏移的（如下图所示）。

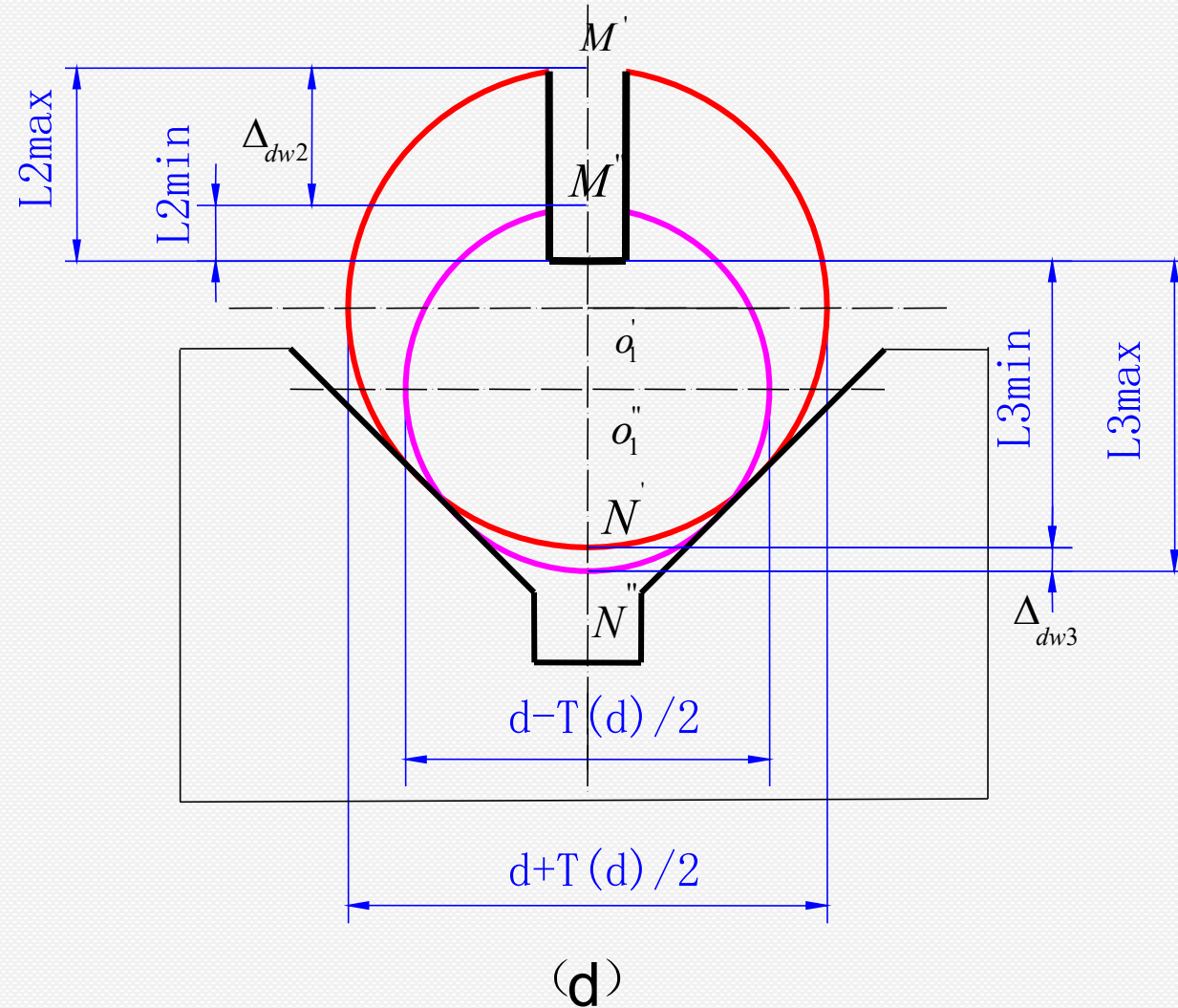
当放入V形块中后，**当外圆直径由大变小时，定位基准（轴心线）相对对刀基准（理论轴中心）也是向下偏移的。**

综合起来两者合成**方向相同（取+号）**

$$\Delta_{dw} = \Delta_{jb} + \Delta_{jw} = \frac{T(d)}{2} + \frac{T(d)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$



3) L3尺寸的定位误差



V 形块定位外圆铣槽时的三种不同尺寸要求及其定位误差计算

L3尺寸的定位误差

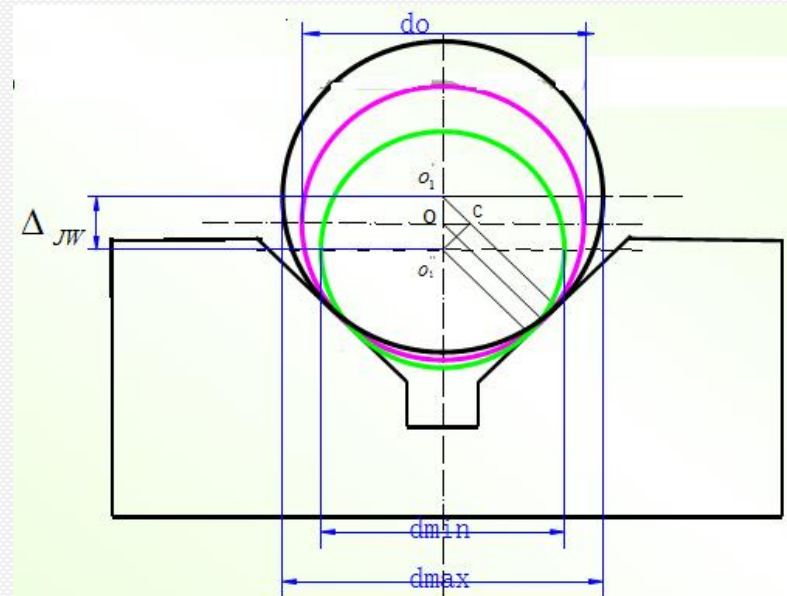
L3的工序基准为外圆下母线，

L3的定位基准为外圆中心，存在基准不重合误差：

同理：
$$\Delta_{jb} = \frac{T(d)}{2}$$

对刀基准为理论圆中心。存在基准位移误差 Δ_{jw}

$$\Delta_{jw} = \frac{\frac{1}{2}(d_{\max} - d_{\min})}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{T(d)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$



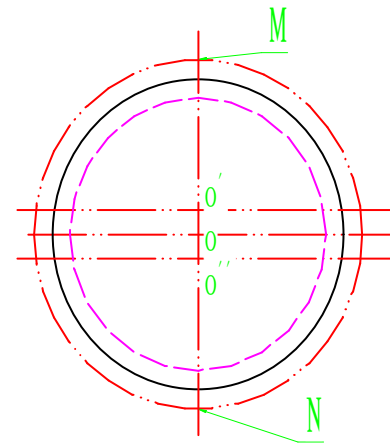
L3 的定位误差为两者的合成。两者都是由外圆直径的变化同时引起的。所以**要判断两者的方向**特点：

当外圆直径从大到小时，工序基准N相对定位基准O是向O方向即向上偏移的（从零件图上看）。

当放入V形块中后，当外圆直径由大变小时，定位基准（轴心线）相对对刀基准（为理论圆中心）是向下偏移的。综合起来**两者合成方向相反(取-号)**

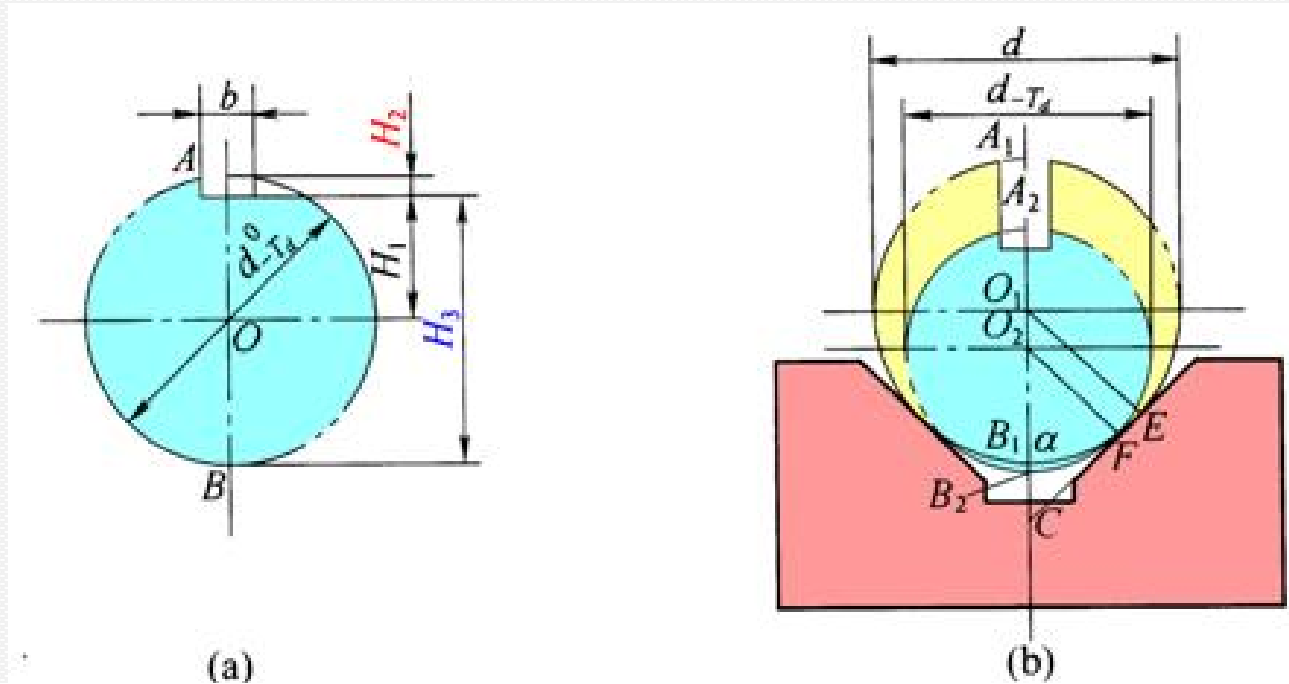
$$\Delta_{dw} = \Delta_{jw} - \Delta_{jb} = \frac{T(d)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{T(d)}{2}$$

注意：两者中的大值减小值！



也可按定位误差定义推算：

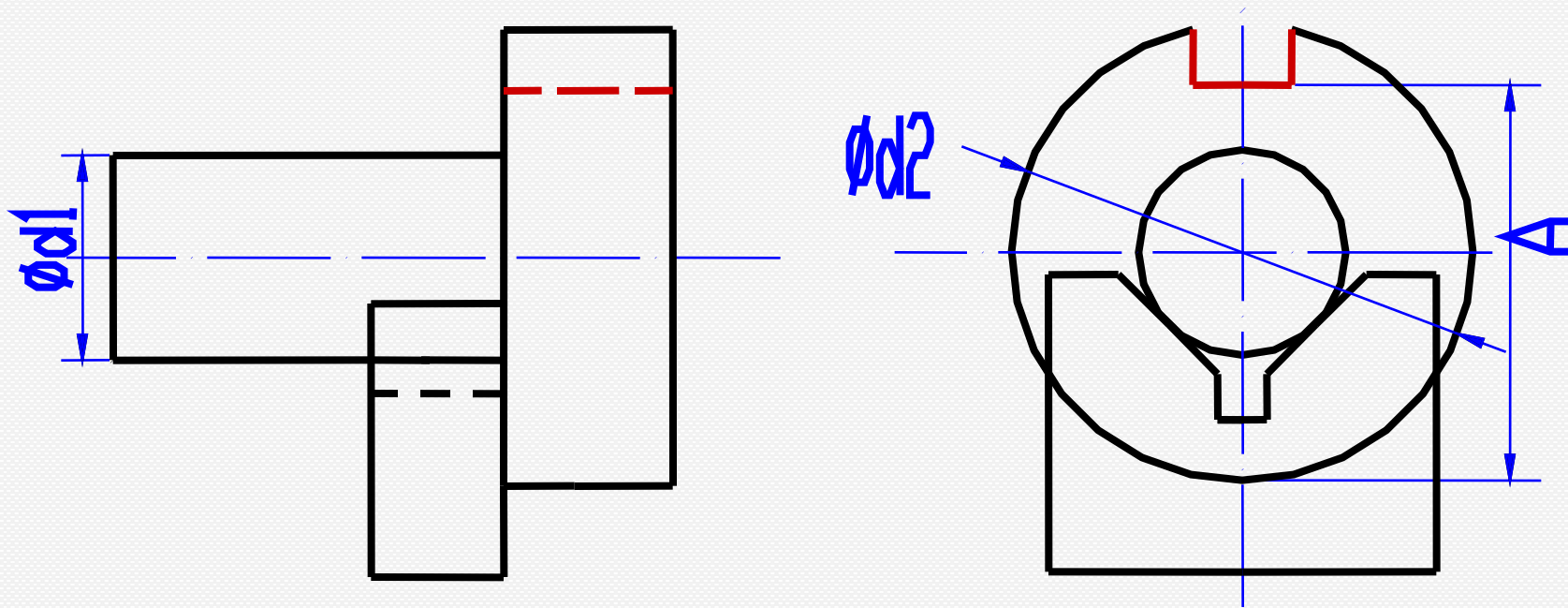
L3尺寸的**定位误差**：工序基准B在加工尺寸方向的变动量。



工序尺寸以 H_3 标注，其定位误差为：

$$\begin{aligned} \Delta_{dw} &= B_1B_2 = O_2B_2 + O_1O_2 - O_1B_1 \\ &= \frac{d-T_d}{2} + \frac{T_d}{2} \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} - \frac{d}{2} = \frac{T_d}{2} \left[\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} - 1 \right] \end{aligned}$$

【例5】如图所示，已知， $d_1 = \phi 25_{-0.021}^0$ $d_2 = \phi 40_{-0.025}^0$ 两外圆同轴度公差为 $\Phi 0.02$ ，V形块夹角 $\alpha = 90^\circ$ 。



定位方案如图所示，试计算：

- (1) 铣键槽时尺寸A及对称度的定位误差；
- (2) 若键槽深度要求 $A = 34.8_{-0.17}^0$ ，键槽对称中心对 d_2 轴线的对称度公差为 $t = 0.25$ ，问此定位方案可行否？

解：（1）定位误差的计算

1) 键槽中心对称度的定位误差（仅有基准不重合误差）：

槽宽的**定位基准**：小外圆轴心，

槽宽的**工序基准**：大外圆中心，

槽宽的**对刀基准**：V形块上小圆的理论圆中心。

由于**两外圆有同轴度误差**，所以存在基准不重合误差

$$\Delta_{jb} = 0.02$$

对刀基准和定位基准存在的基准位移误差发生在垂直方向和对称度误差无关。因此在**对称度方向上**， $\Delta_{jw} = 0$

$$\Delta_{dw(\text{对称度})} = \Delta_{jb} + \Delta_{jw} = 0.02$$

2) A尺寸的定位误差:

定位基准: 小外圆 d_1 轴线,

工序基准: 大外圆 d_2 的下母线,

对刀基准: V形块上小圆的理论圆中心

由于定位基准和工序基准不重合, 且两外圆有同轴度误差, 所以存在基准不重合误差:

$$\Delta_{jb} = \frac{T_{d_2}}{2} + t_{\text{同轴度}} = \frac{0.025}{2} + 0.02 = 0.0325$$

对刀基准和定位基准存在基准位移误差:

$$\Delta_{jw} = \frac{T_{d_1}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0.021}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0.021}{1.414} = 0.01485$$

两个误差对尺寸A的影响是相互独立的，因此总的定位误差为：

$$\Delta_{dw} = \Delta_{jb} + \Delta_{jw} = 0.047$$

2) 分析定位方案是否可行

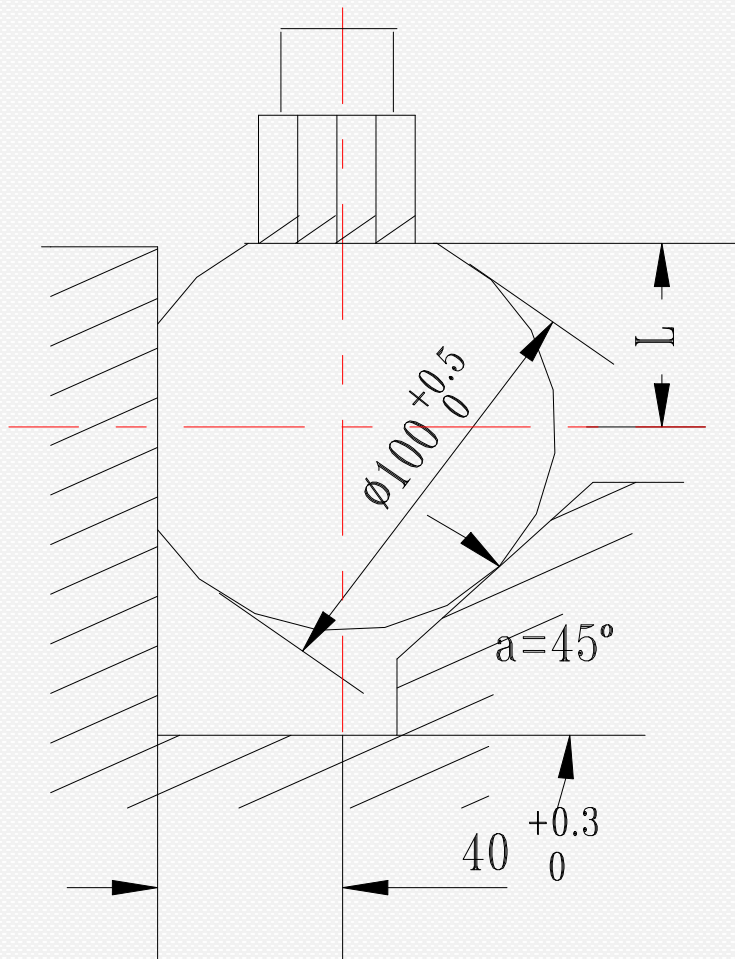
$$\frac{\Delta_{dw}}{T_A} = \frac{0.047}{0.17} = 27.9\% < 33.3\%$$

$$\frac{\Delta_{dw(\text{对称度})}}{t} = \frac{0.02}{0.25} \approx 8\% < 33.3\%,$$

故此定位方案可行。

【例6】如图所示零件已加工好 $\Phi 100 \begin{smallmatrix} +0.5 \\ 0 \end{smallmatrix}$, $40 \begin{smallmatrix} +0.3 \\ 0 \end{smallmatrix}$, $\alpha = 45^\circ$,

求尺寸L的定位误差。



解: $\Delta_{jb1} = 0$ (基准重合)

由40引起的基准不重合误差:

$$\Delta_{jb2} = 0.3 \operatorname{tg} 45^\circ = 0.3$$

由100引起的基准位移误差:

$$\Delta_{jw} = \frac{T_d}{2 \sin 45^\circ} = \frac{0.5}{2 \sin 45^\circ} = 0.345$$

L 的定位误差为:

$$\Delta_{dw} = 0.3 + 0.345 = 0.645$$