



形状和位置公差选用原则



公差原则

尺寸误差和形位误差是影响零件质量的两个重要因素。因此设计零件时，需要根据其功能和互换性要求，同时给定尺寸公差和形位公差。为了保证设计要求，正确判断零件是否合格，必须明确零件同一要素或几个要素的尺寸公差与形位公差的内在联系。**公差原则就是处理尺寸公差与形位公差之间关系的原则。** ◆

GB / T 4249—1996 规定了公差原则， GB / T 16671—1996 规定了最大实体要求、最小实体要求及可逆要求。

形状和位置公差选用原则



公差原则

常用术语

独立原则

相关要求



形状和位置公差选用原则



常用术语

1. 局部实际尺寸

局部实际尺寸（ D_a ， d_a ）简称实际尺寸，指在实际要素的任意正截面上，两对应点之间测得的距离。由于存在形状误差和测量误差，因此局部实际尺寸是随机变量。

形状和位置公差选用原则



常用术语

2. 作用尺寸◆

(1) **体外作用尺寸**：指在被测要素的**给定长度**上，与实际内表面（孔）的体外相接的最大理想面，或与实际外表面（轴）的体外相接的最小理想面的直径或宽度。



形状和位置公差选用原则



常用术语

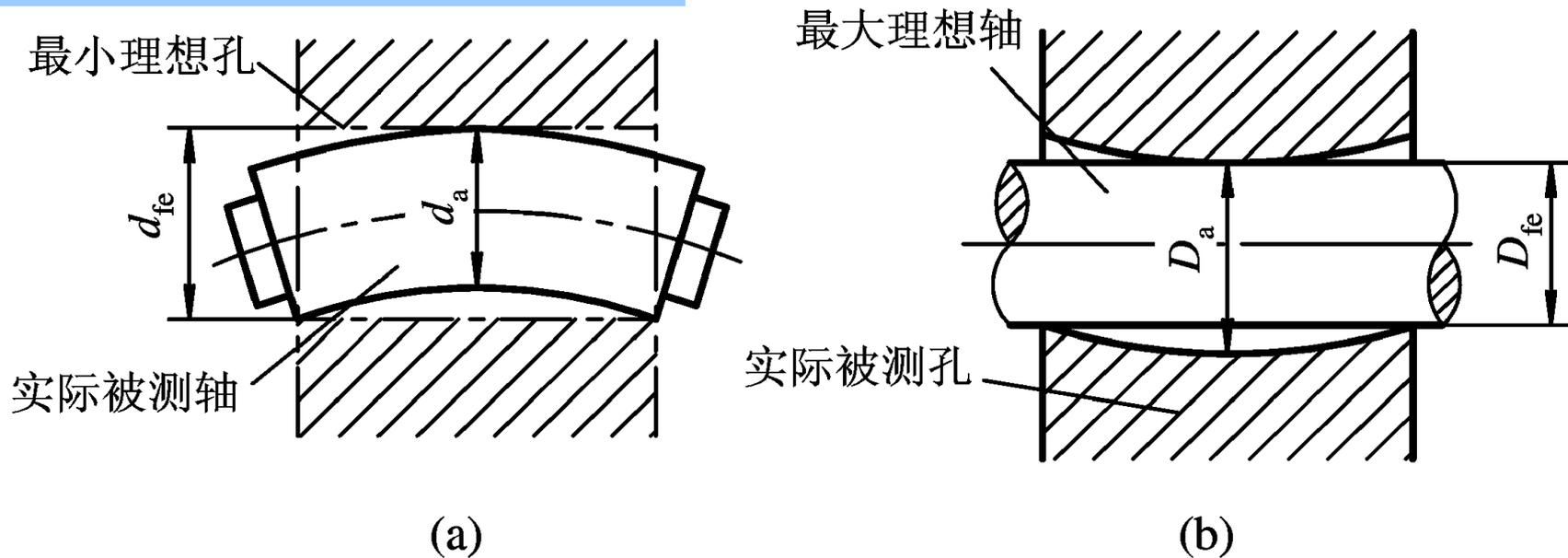


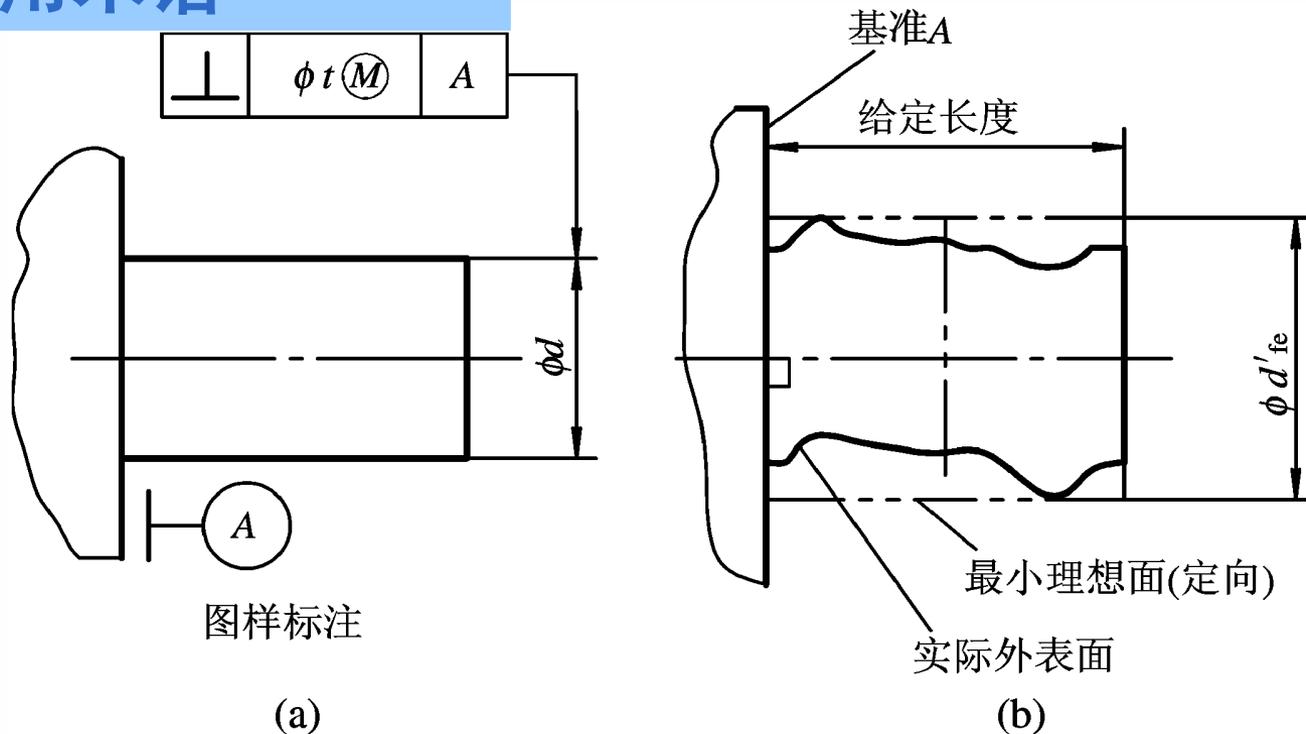
图 单一要素体外作用尺寸

对于单一要素，实际内、外表面的体外作用尺寸分别用 D_{fe} 、 d_{fe} 表示。

形状和位置公差选用原则



常用术语



对于关联要素，实际内、外表面的体外作用尺寸分别用 D'_{ef} 、 d'_{ef} 表示。

图 关联要素体外作用尺寸

形状和位置公差选用原则

常用术语

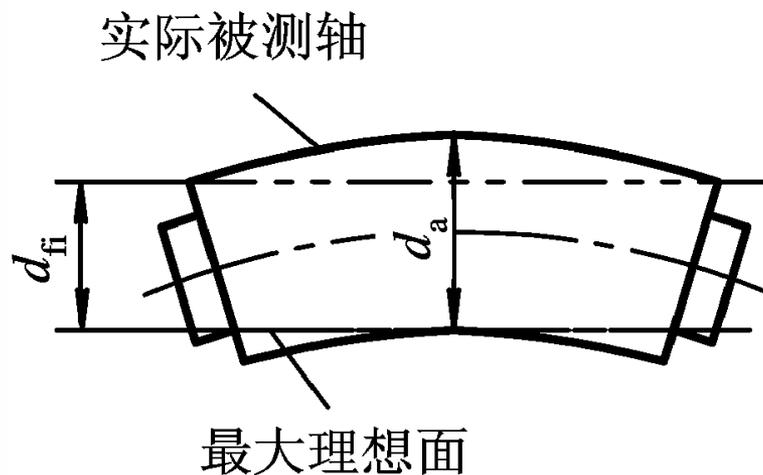
(2) **体内作用尺寸**：在被测要素的给定长度上，与实际内表面（孔）的体内相接的最小理想面，或与实际外表面（轴）的体内相接的最大理想面的直径或宽度。 ◆

对于关联要素，实际内、外表面的体内作用尺寸分别用 D'_{fi} 、 d'_{fi} 表示。 ◆

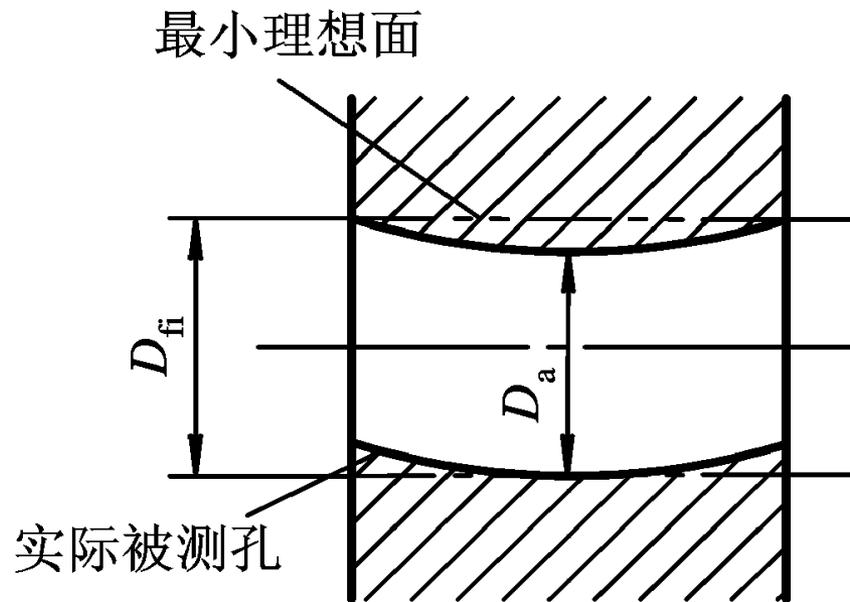
形状和位置公差选用原则



常用术语



(a)



(b)

图 单一要素体内作用尺寸

对于单一要素，实际内、外表面的体内作用尺寸

分别用 D_{fi} 、 d_{fi} 表示。◆

形状和位置公差选用原则



常用术语

应当注意：作用尺寸不仅与实际要素的局部实际尺寸有关，还与其形位误差有关。因此，**作用尺寸是实际尺寸和形位误差的综合尺寸**。对一批零件而言，每个零件都不一定相同，但**每个零件的体外或体内作用尺寸只有一个**；对于被测实际轴， $d_{fe} \geq d_{fi}$ ；而对于被测实际孔， $D_{fe} \leq D_{fi}$ 。 ◆

形状和位置公差选用原则



常用术语

3. 最大实体状态（MMC）与最小实体状态（LMC）

实际要素在给定长度上处处位于极限尺寸之内，并具有材料量最多时的状态，称为**最大实体状态**。

实际要素在给定长度上处处位于极限尺寸之内，并具有材料量最少时的状态，称为**最小实体状态**。◆

形状和位置公差选用原则



常用术语

4. 最大实体尺寸（MMS）与最小实体尺寸（LMS）

实际要素在最大实体状态下的极限尺寸，称为最大实体尺寸。孔和轴的最大实体尺寸分别用 D_M 、 d_M 表示。对于孔， $D_M = D_{\min}$ ；对于轴， $d_M = d_{\max}$ 。◆

实际要素在最小实体状态下的极限尺寸，称为最小实体尺寸。孔和轴的最小实体尺寸分别用 D_L 、 d_L 表示。对于孔， $D_L = D_{\max}$ ；对于轴， $d_L = d_{\min}$ 。

形状和位置公差选用原则



常用术语

5. 最大实体实效状态（MMVC）与最小实体实效状态（LMVC）

在给定长度上，实际要素处于**最大实体状态**，且其**中心要素的形状或位置误差等于给出公差值时的综合极限状态**，称为最大实体实效状态。 ◆

在给定长度上，实际要素处于**最小实体状态**，且其**中心要素的形状或位置误差等于给出公差值时的综合极限状态**，称为最小实体实效状态。 ◆



形状和位置公差选用原则



常用术语

6. 最大实体实效尺寸（MMVS）与最小实体实效尺寸（LMVS）
最大实体实效状态下的体外作用尺寸，称为最大实体实效尺寸。对于单一要素，孔和轴的最大实体实效尺寸分别用 D_{MV} 、 d_{MV} 表示；对于关联要素，孔和轴的最大实体实效尺寸分别用 D'_{MV} 、 d'_{MV} 表示。

最小实体实效状态下的体内作用尺寸，称为最小实体实效尺寸。对于单一要素，孔和轴的最小实体实效尺寸分别用 D_{LV} 、 d_{LV} 表示；对于关联要素，孔和轴的最小实体实效尺寸分别用 D'_{LV} 、 d'_{LV} 表示。

D_{MV} 、 d_{MV} 、 D'_{MV} 、 d'_{MV} 、 D_{LV} 、 d_{LV} 、 D'_{LV} 、 d'_{LV} 的计算公式见表 3-3 所示。



形状和位置公差选用原则



常用术语

表 最大（小）实体实效尺寸计算式

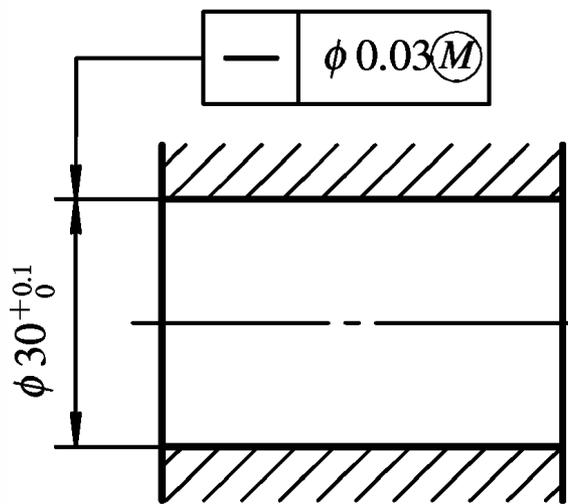
计算通式	实际计算式
MMVS = MMS ± t (轴+, 孔-)	轴: $d_{MV} (d'_{MV}) = d_M + t = d_{max} + t$ 孔: $D_{MV} (D'_{MV}) = D_M - t = D_{min} - t$
LMVS = LMS ∓ t (轴-, 孔+)	轴: $d_{LV} (d'_{LV}) = d_L - t = d_{min} - t$ 孔: $D_{LV} (D'_{LV}) = D_L + t = D_{max} + t$





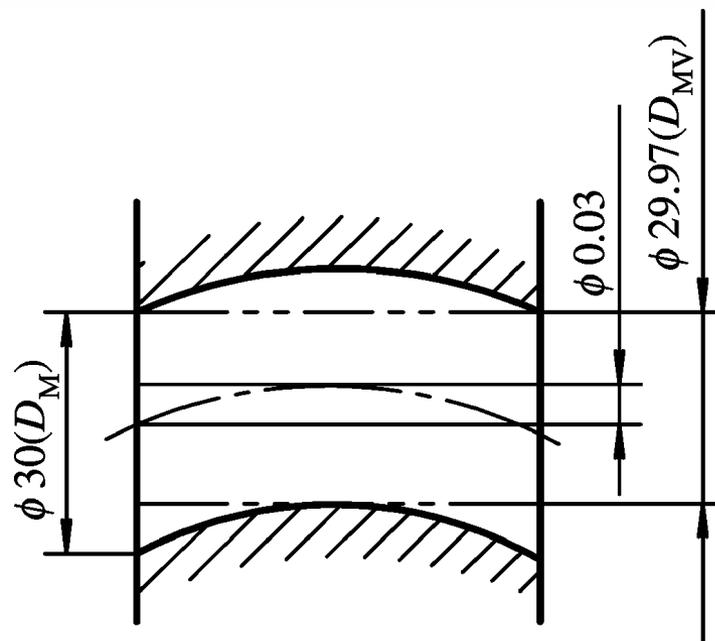
形状和位置公差选用原则

如图所示，孔的最大实体实效尺寸 $D_{MV} = D_M - t = D_{\min} - t$
 $= 30 - 0.03 = 29.97 \text{ mm}$ 。○◆



图样标注

(a)



(b)

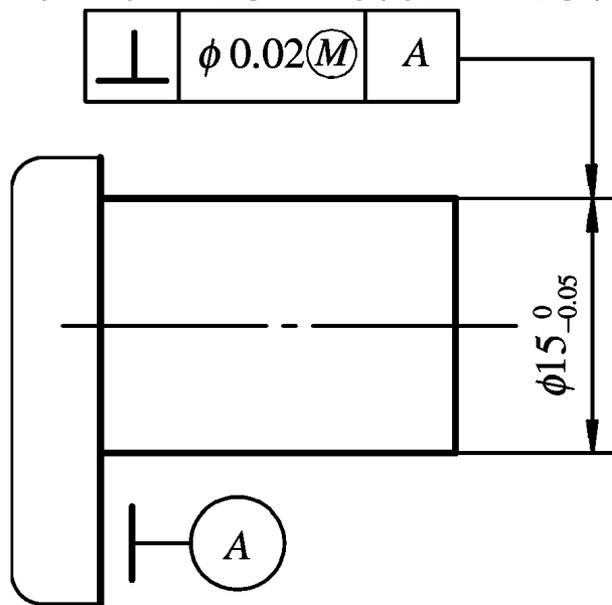
图 孔的最大实体实效尺寸



形状和位置公差选用原则

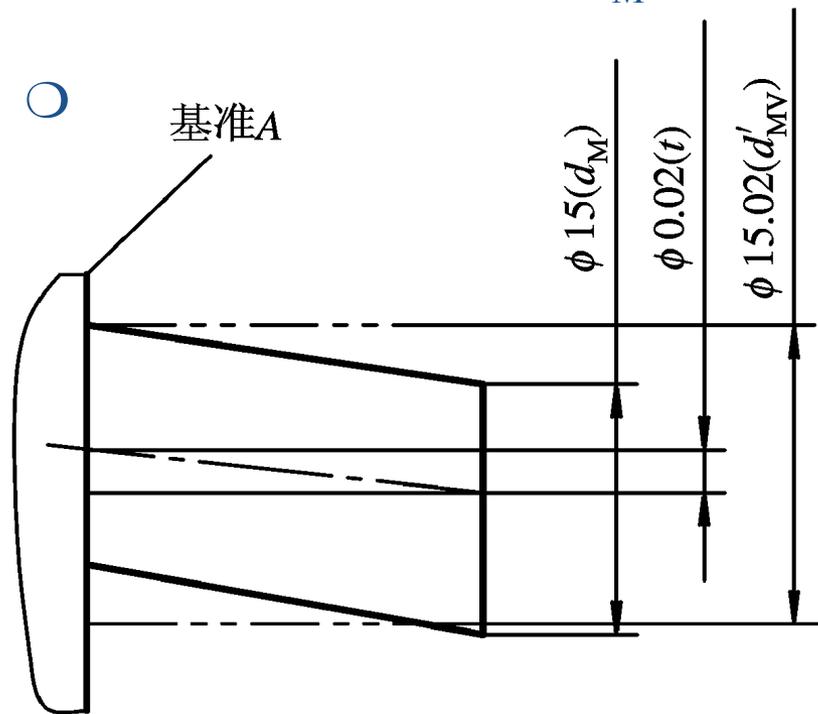
如图 3.4-6 所示，轴的最大实体实效尺寸 $d'_{MV} = d_M + t$

$$= d_{\max} + t = 15 + 0.02 = 15.02 \text{ mm} \quad \text{O}$$



图样标注

(a)



(b)

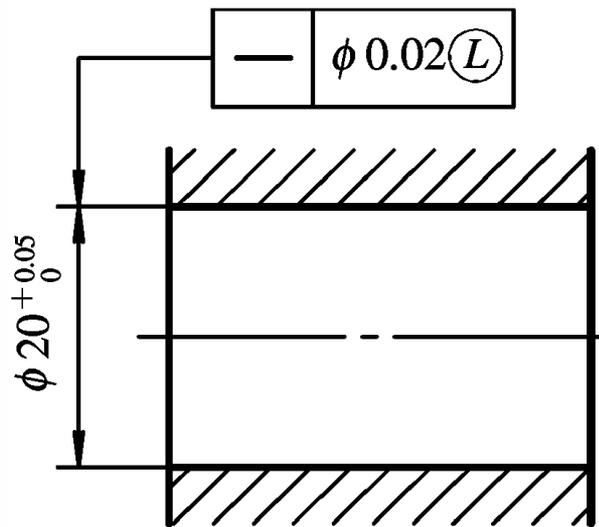
图 3.4-6 轴的最大实体实效尺寸



形状和位置公差选用原则

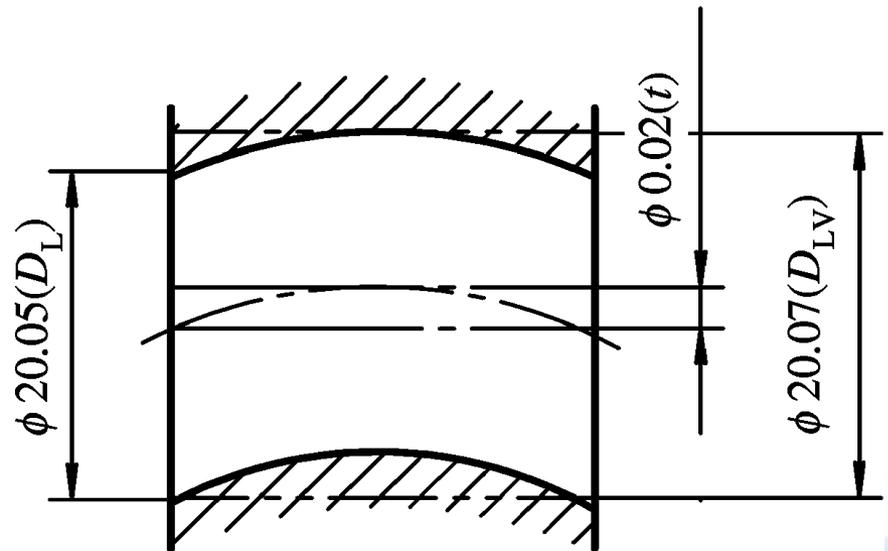
则

如图 3.4-7 所示，孔的最小实体实效尺寸 $D_{LV} = D_L + t = D_{\max} + t = 20.05 + 0.02 = 20.07 \text{ mm}$ 。



图样标注

(a)



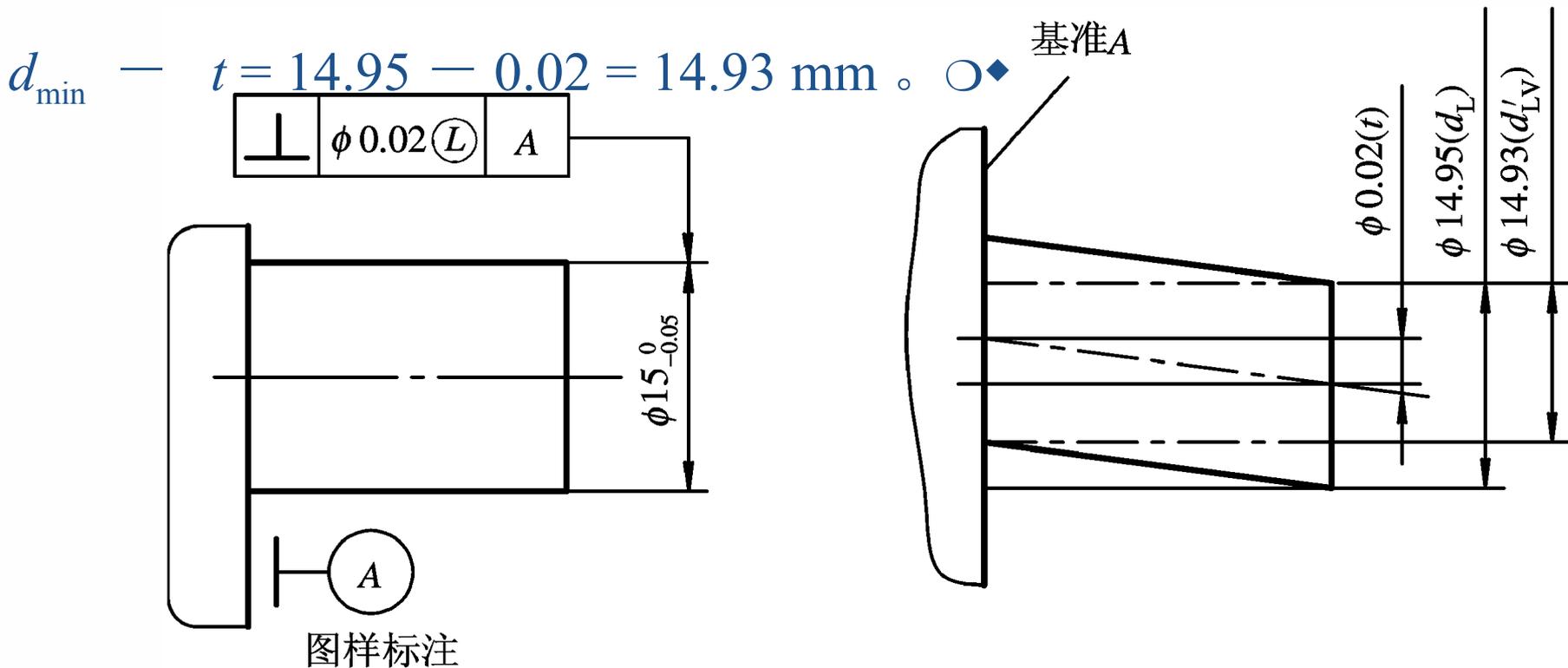
(b)

图 3.4-7 孔的最小实体实效尺寸



形状和位置公差选用原则

如图 3.4-8 所示，轴的最小实体实效尺寸 $d'_{LV} = d_L - t =$



(a) (b)
图 3.4-8 轴的最小实体实效尺寸



形状和位置公差选用原则



常用术语

应当注意的是，最大（最小）实效尺寸是最大（最小）实体尺寸和几何公差的综合尺寸，对一批零件而言是定值；作用尺寸是实际尺寸和形位误差的综合尺寸，对一批零件而言是变化值。换句话说，实效尺寸是作用尺寸的极限值。



形状和位置公差选用原则



常用术语

7. 边界和边界尺寸

由设计给定的具有理想形状的极限包容面，称为边界。这里所说的包容面，既包括孔，也包括轴。边界尺寸是指极限包容面的直径或距离。当极限包容面为圆柱面时，其边界尺寸为直径；当极限包容面为两平行平面时，其边界尺寸是距离。 ◆

(1) 最大实体边界 (MMB)：具有理想形状且边界尺寸为最大实体尺寸的包容面。 ◆

(2) 最小实体边界 (LMB)：具有理想形状且边界尺寸为最小实体尺寸的包容面。

形状和位置公差选用原则



常用术语

(3) 最大实体实效边界 (MMVB) : 具有理想形状且边界尺寸为最大实体实效尺寸的包容面。 ◆

(4) 最小实体实效边界 (LMVB) : 具有理想形状且边界尺寸为最小实体实效尺寸的包容面。 ○◆

单一要素的理想边界没有对方向和位置的要求；而关联要素的理想边界，必须与基准保持图样给定的几何关系。



形状和位置公差选用原则



独立原则

独立原则是指图样上给定的形位公差与尺寸公差相互独立无关，分别满足要求的原则。实际要素的尺寸由尺寸公差控制，与形位公差无关；形位误差由形位公差控制，与尺寸公差无关。 ◆

采用独立原则标注时，独立原则在尺寸和形位公差值后面不需加注特殊符号，即独立原则是尺寸公差与形位公差所遵循的基本原则。图样上的绝大多数公差遵守独立原则。



形状和位置公差选用原则



独立原则

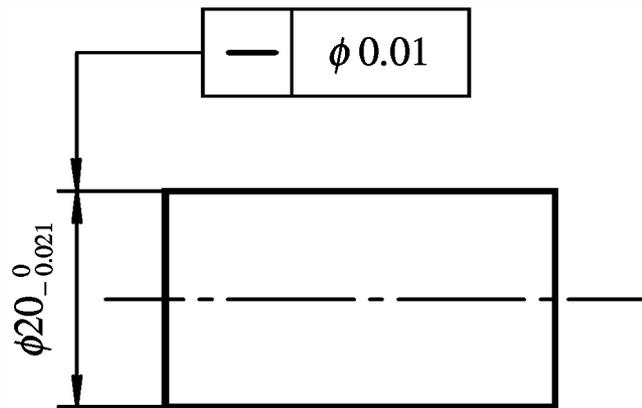
判断采用独立原则的要素是否合格，需分别检测实际尺寸与形位公差。只有同时满足尺寸公差和形状公差的要求，该零件才能被判为合格。通常实际尺寸用两点法测量，如千分尺、卡尺等，形位误差用通用量具或仪器测量。 ◆



形状和位置公差选用原则



独立原则



如图所示，尺寸 $\phi 20_{-0.021}^0$ 遵循独立原则，实际尺寸的合格范围是 $\phi 19.979 \sim \phi 20$ ，不受轴线直线度公差带控制；轴线的直线度误差不大于 $\phi 0.01$ ，不受尺寸公差带控制。



形状和位置公差选用原则



独立原则

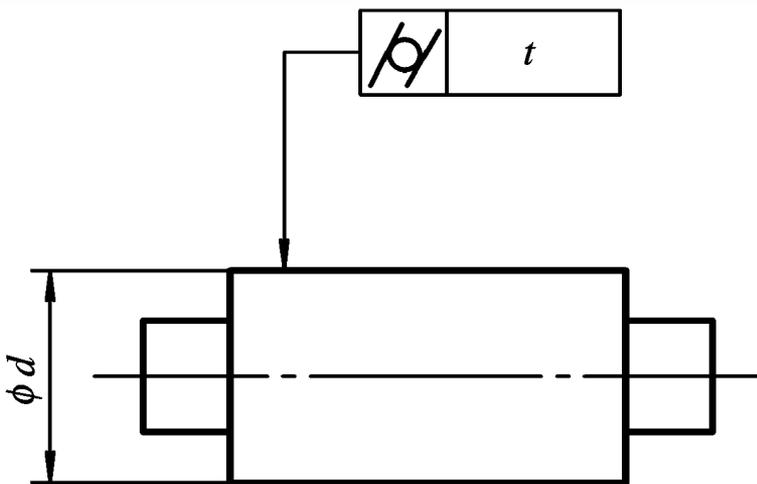
独立原则主要用于以下两种情况： ◆

(1) 除配合要求外，还有极高的形位精度要求，以保证零件的运转与定位精度要求。 ◆

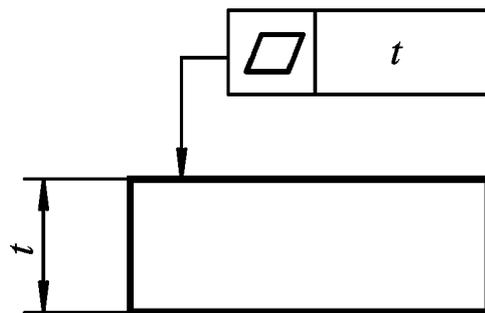




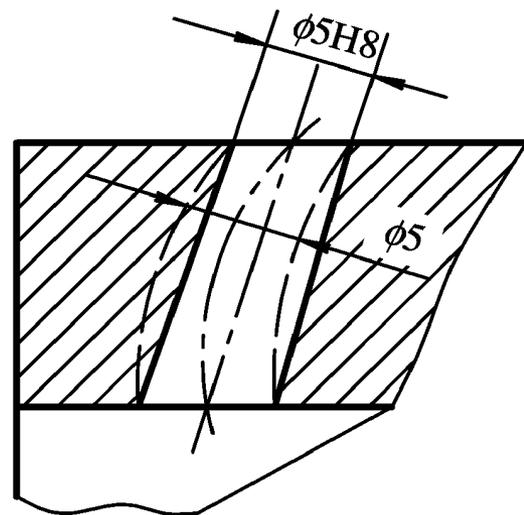
形状和位置公差选用原则



(a)



(b)



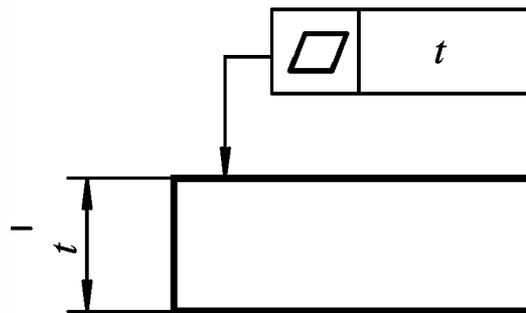
(c)

如图所示，印刷机的滚筒主要是控制圆柱度误差，以保证印刷或印染时接触均匀，使图文或花样清晰，而滚筒直径 d 的大小对印刷或印染品质并无影响。采用独立原则，可使圆柱度公差较严而尺寸公差较宽。 ◆

形状和位置公差选用原则



独立原则

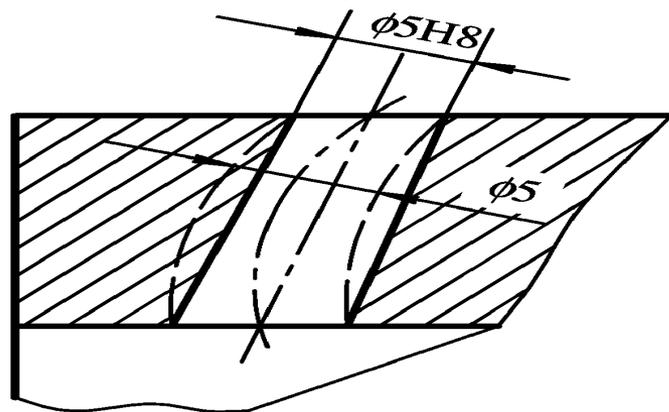


(b)

如图所示，测量平板的功能是测量时模拟理想平面，主要是控制平面度误差，而厚度 t 的大小对功能并无影响，可采用独立原则。 ◆



形状和位置公差选用原则



(c)

如图 (c) 所示，箱体上的通油孔不与其他零件配合，只需控制孔的尺寸大小就能保证一定的流量，而孔轴线的弯曲并不影响功能要求，可以采用独立原则。 ◆

(2) 对于非配合要素或未注尺寸公差的要素，它们的尺寸和形位公差应遵循独立原则，如倒角、退刀槽、轴肩等。



形状和位置公差选用原则



相关要求

相关要求是指图样上给定的尺寸公差和形位公差相互有关的公差要求。相关要求分为包容要求、最大实体要求（包括可逆要求应用于最大实体要求）和最小实体要求（包括可逆要求应用于最小实体要求）。 ◆





形状和位置公差选用原则



相关要求

1. 包容要求◆

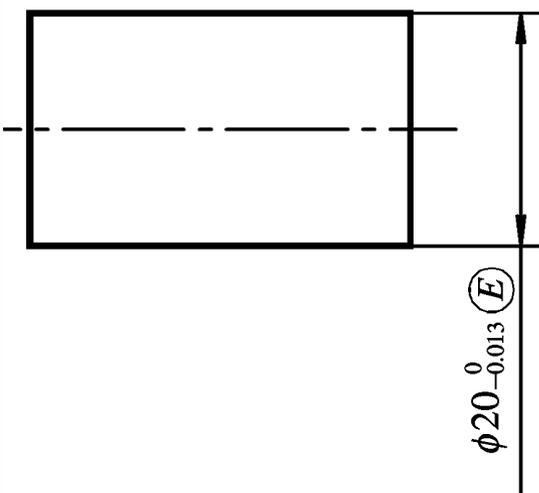
包容要求是指被测实际要素要处处位于具有理想形状包容面内的一种公差原则。◆

包容要求适用于单一要素，如圆柱表面或两平行表面。其理想边界为最大实体边界。标注时包容要求是在尺寸公差带代号或尺寸极限偏差后面加注符号 \textcircled{E} 。

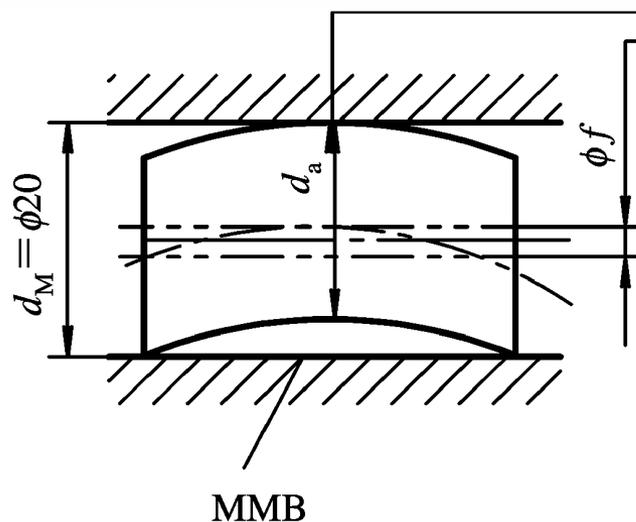
形状和位置公差选用原则



相关要求



(a)



(b)

实际尺寸 ϕd_a	允许形状 误差 ϕf
$\phi 20$	$\phi 0$
$\phi 19.995$	$\phi 0.005$
$\phi 19.99$	$\phi 0.01$
$\phi 19.987$	$\phi 0.013$

包容要求示例

形状和位置公差选用原则



相关要求

上图中采用包容要求，实际轴应满足下列要求：

(1) 轴的任一局部实际尺寸在 $\phi 19.987 \sim \phi 20$ 之间。

(2) 实际轴必须遵守最大实体边界，该边界是一个直径为最大实体尺寸 $d_M = \phi 20$ 的理想圆柱面。◆

(3) 轴的局部实际尺寸处处为最大实体尺寸 $\phi 20$ 时，不允许轴有任何形状误差。

◆ (4) 当轴的局部实际尺寸偏离最大实体尺寸时，包容要求允许将局部实际尺寸偏离最大实体尺寸的偏离值补偿给形位误差。最大补偿值是：当轴的局部实际尺寸为最小实体尺寸时，轴允许有最大的形状误差，其值等于尺寸公差 0.013 。



形状和位置公差选用原则



相关要求

采用包容要求的合格条件为：轴或孔的体外作用尺寸不得超过最大实体尺寸，局部实际尺寸不得超过最小实体尺寸，即◆

对于轴 $d_{fe} \leq d_M = d_{max}$, $d_a \geq d_L =$

d_{min} ○◆

对于孔 $D_{fe} \geq D_M = D_{min}$, $D_a \leq D_L =$

D_{max} ○◆

形状和位置公差选用原则



相关要求

采用包容要求主要是为了保证配合性质，特别是配合公差较小的精密配合。用最大实体边界综合控制实际尺寸和形状误差，以保证必要的最小间隙（保证能自由装配）。用最小实体尺寸控制最大间隙，从而达到所要求的配合性质。如回转轴的轴颈和滑动轴承，滑动套筒和孔，滑块和滑块槽的配合等。◆



形状和位置公差选用原则



相关要求

2. 最大实体要求◆

最大实体要求适用于中心要素，是控制被测要素的实际轮廓处于最大实体实效边界内的一种公差原则。当其局部实际尺寸偏离最大实体尺寸时，允许将偏离值补偿给形位误差。最大实体要求既可用于被测要素（包括单一要素和关联要素），又可用于基准中心要素。当最大实体要求应用于被测要素或基准时，应在形位公差框格中的形位公差值或基准后面加注 \textcircled{M} 号，如图 4-65 所示。◆



形状和位置公差选用原则



相关要求

1) 最大实体要求应用于被测要素◆

最大实体要求应用于被测要素的合格条件为：

轴或孔的体外作用尺寸不允许超过最大实体实效尺寸，

局部实际尺寸不超出极限尺寸，即◆

对于轴 $d_{fe} \leq d_{MV} = d_{max} + t$,

$$d_L(d_{min}) \leq d_a \leq d_M(d_{max})$$

◆ 对于孔 $D_{fe} \geq D_M = D_{min} - t$,

$$D(D_{min}) \geq D \geq D(D_{max})$$

形状和位置公差选用原则

则



相关要求

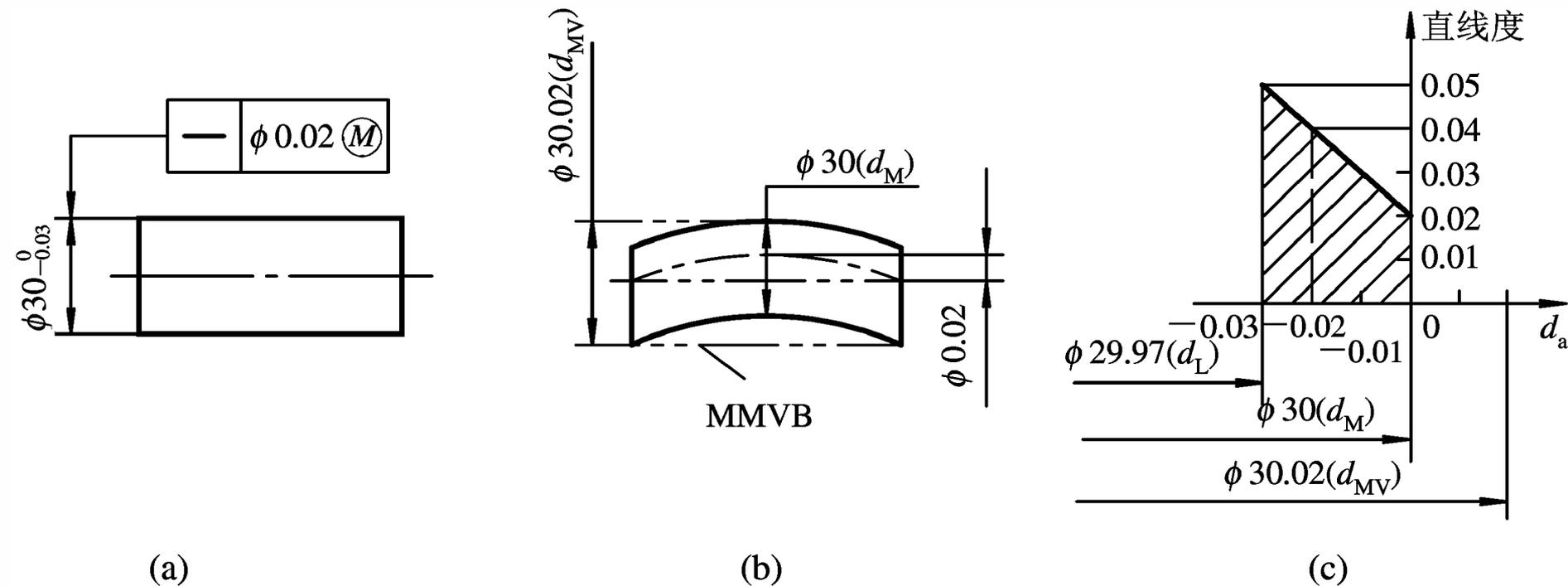


图 3.4-12 最大实体要求示例

形状和位置公差选用原则



相关要求

上图 (a) $\phi 30_{-0.01}^0$ 轴的轴线的直线度公差采用最大实体要求。图 (b) 表示当该轴处于最大实体状态时，其轴线的直线度公差为 $\phi 0.02$ ；动态公差图如图 (c) 所示，当轴的实际尺寸偏离最大实体状态时，其轴线允许的直线度误差可相应地增大。◆

形状和位置公差选用原则



相关要求

该轴应满足下列要求： ◆

(1) 轴的任一局部实际尺寸在 $29.97 \sim 30$ 之间。

(2) 实际轮廓不超出最大实体实效边界，最大实体实效尺寸为

$$\rightarrow \rightarrow \blacksquare \quad d_{MV} = d_M + t = 30 + 0.02 = 30.02 \rightarrow \rightarrow$$

(3) 当该轴处于最小实体状态时，其轴线的直线度误差允许达到最大值，即尺寸公差值全部补偿给直线度公差，允许直线度误差为

$$\rightarrow \rightarrow \quad 0.02 + 0.03 = \blacksquare 0.05 \rightarrow \rightarrow$$

形状和位置公差选用原则



相关要求

2) 零形位公差 ◆

零形位公差是关联被测要素采用最大实体要求的特例，此时形位公差值在框格中为零，并以 $\textcircled{M} 0$ 表示。此时满足的理想边界实际为最大实体边界，见下图。

形状和位置公差选用原则



相关要求

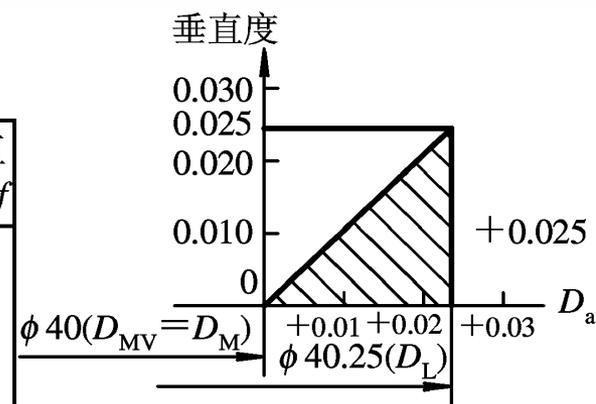
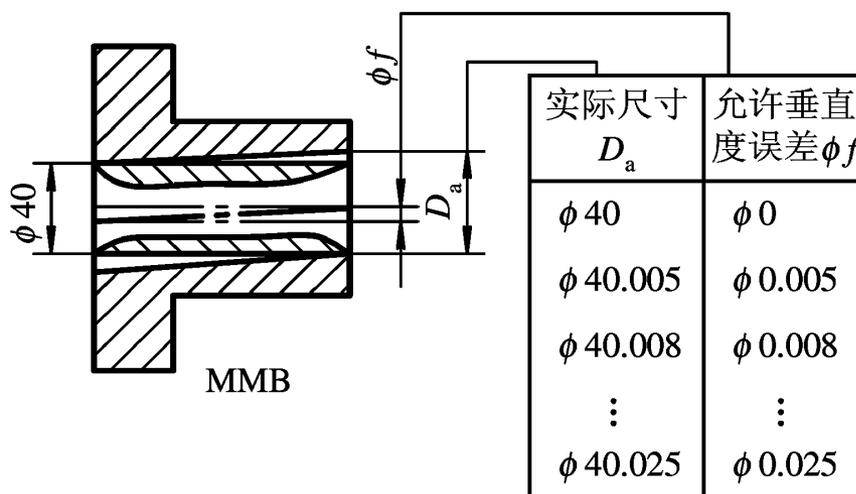
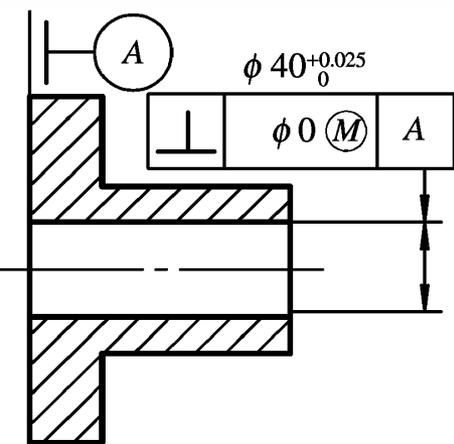


图 3.4-13 零形位公差示例



形状和位置公差选用原则



相关要求

最大实体要求是从装配互换性基础上建立起来的，主要应用在要求装配互换性的场合，常用于**零件精度（尺寸精度、形位精度）低，配合性质要求不严，但要求能自由装配的零件，以获得最大的技术经济效益。** ◆

注意：最大实体要求只用于零件的中心要素（轴线、圆心、球心或中心平面），多用于位置度公差。

形状和位置公差选用原则



相关要求

3. 最小实体要求◆

最小实体要求适用于中心要素，是控制被测要素的实际轮廓处于最小实体实效边界内的一种公差原则。它既可用于被测要素（一般指关联要素），又可用于基准中心要素。当最小实体要求应用于被测要素或基准要素时，应在形位公差框格中的形位公差值或基准后面加 \textcircled{L} 符号，如下图所示。◆



形状和位置公差选用原则



相关要求

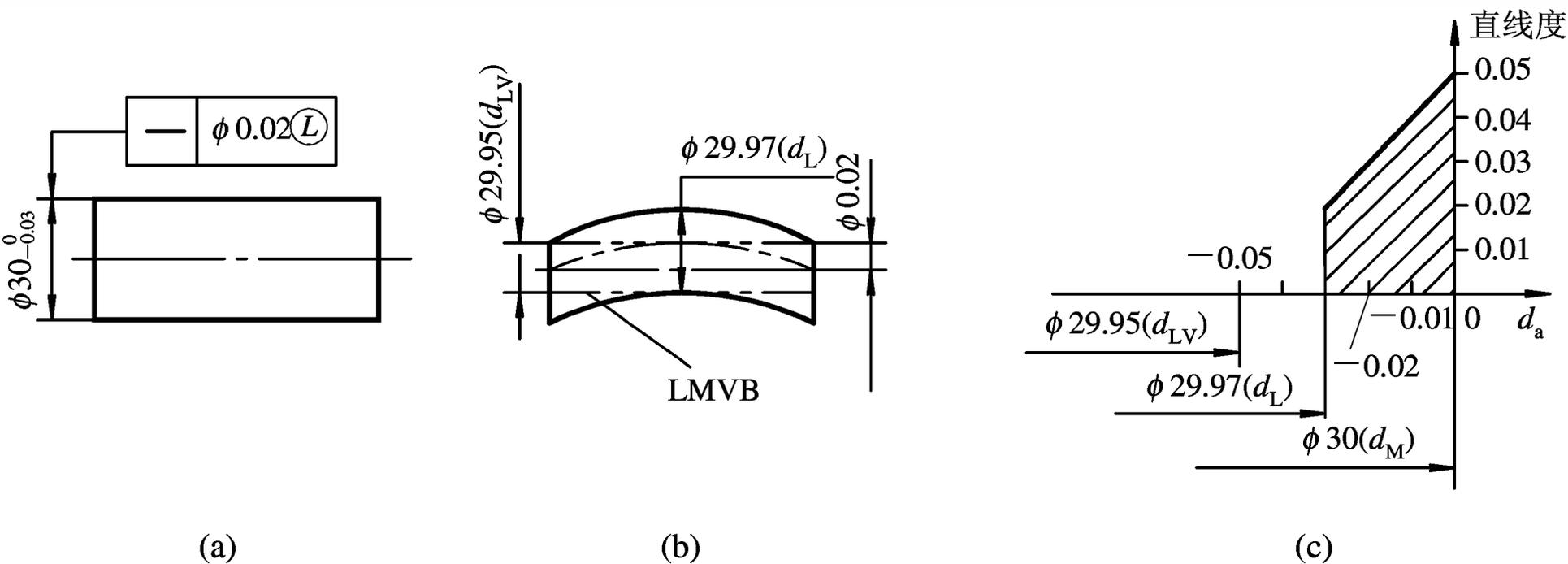


图 3.4-15 最小实体要求示例





形状和位置公差选用原则



相关要求

最小实体要求应用于被测要素的合格条件为：

轴或孔的体外作用尺寸不允许超过最小实体实效尺寸，局部实际尺寸不超出极限尺寸，即◆

对于轴 $d_{fi} \geq d_{LV} = d_{\min} - t$, $d_L(d_{\min}) \leq d_a \leq d_M(d_{\max})$

对于孔 $D_{fi} \leq D_{M0} = D_{\max} + t$, $D_L(D_{\max}) \geq D_a \geq D_M(D_{\min})$

图 3.4-15(a) 表示轴 $\phi 30_{-0.03}^0$ 的轴线的直线度公差采用最小实体要求。图 3.4-15(b) 表示当该轴处于最小实体状态时，其轴线的直线度公差为 0.02；动态公差图如图 3.4-15(c) 所示，当轴的实际尺寸偏离最小实体状态时，其轴线允许的直线度误差可相应地增大。◆

形状和位置公差选用原则



相关要求

该轴应满足下列要求： ◆

(1) 轴的任一局部实际尺寸在 $\phi 29.97 \sim \phi 30$ 之间。

(2) 实际轮廓不超出最小实体实效边界，最小实体实效尺寸为

$$d_{LV} = d_L - t = 29.97 - 0.02 = 29.95 \text{ ◆}$$

(3) 当该轴处于最大实体状态时，其轴线的直线度误差允许达到最大值，即尺寸公差值全部补偿给直线度公差，允许直线度误差为

$$\rightarrow \rightarrow \blacksquare \phi 0.02 + \phi 0.03 = \phi 0.05 \rightarrow \rightarrow$$

形状和位置公差选用原则



相关要求

最小实体要求一般用于标有位置度、同轴度、对称度等项目的关联要素，很少用于单一要素。当给出的形位公差值为零时，称为最小实体要求的零形位公差，并以 \textcircled{L} “0”表示。◆

最小实体要求也可以应用于基准中心要素，此时应在公差框格中的相应基准符号后面加注 \textcircled{L} 号。
。◆

形状和位置公差选用原则



相关要求

可逆要求仅适用于中心要素，即轴线或中心平面。可逆要求通常与最大实体要求和最小实体要求连用，不能独立使用。◆

可逆要求标注 \textcircled{M} 在 \textcircled{L} 、 \textcircled{R} 后面加注■，此时被测要素应遵循最大实体实效边界或最小实体实效边界，如图 3.4-16 所示。



形状和位置公差选用原则



相关要求

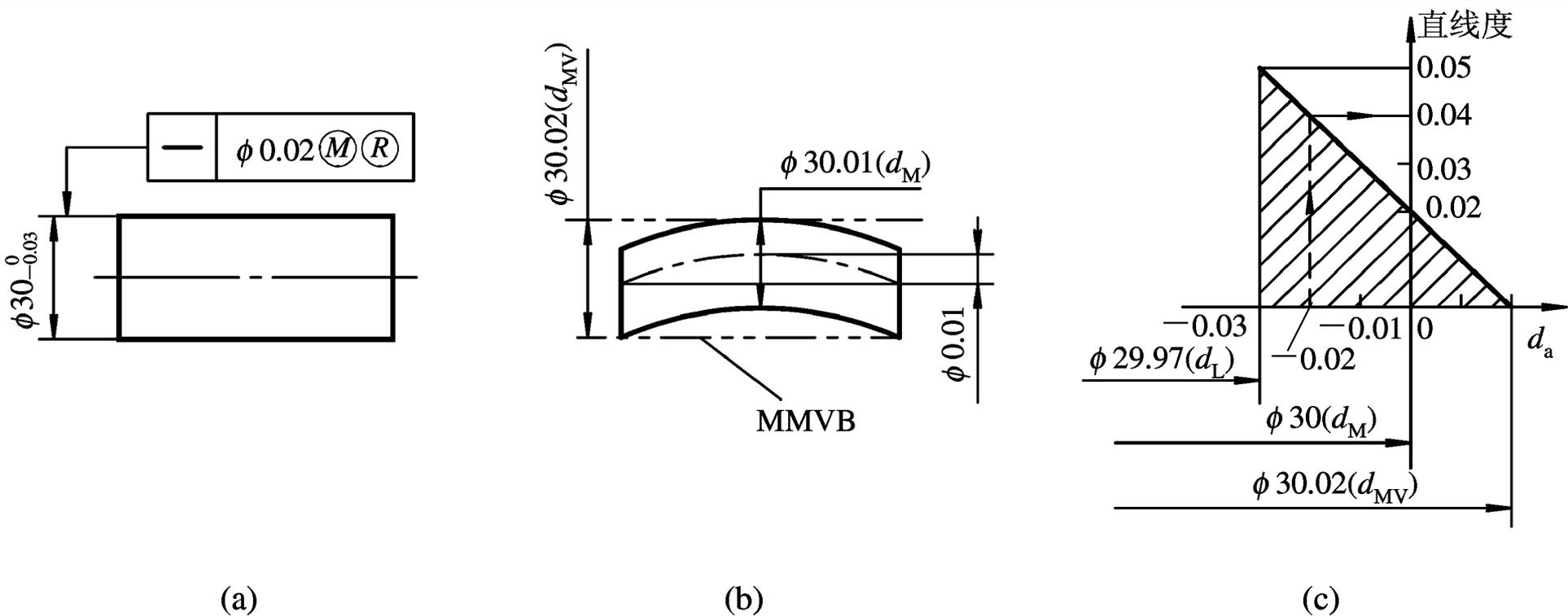
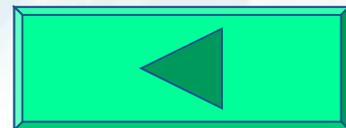


图 3.4-16 可逆要求示例



形状和位置公差选用原则



相关要求

1) 可逆要求用于最大实体要求◆

被测要素的实际轮廓应遵守其最大实体实效边界，即其体外作用尺寸不超出最大实体实效尺寸。当实际尺寸偏离最大实体尺寸时，允许其形位误差超出给定的形位公差值。在不影响零件功能的前提下，当被测轴线或中心平面的形位误差值小于在最大实体状态下给出的形位公差值时，允许实际尺寸超出最大实体尺寸，即允许相应的尺寸公差增大，但最大可能允许的超出量为形位公差。 ◆



形状和位置公差选用原则



相关要求

可逆要求用于最大实体要求的合格条件为：轴或孔的体外作用尺寸不得超过最大实体实效尺寸，局部实际尺寸不得超过最小实体尺寸，即◆

对于轴

$$d_{fe} \leq d_{MV} = d_{\max} + t$$

,

■ $d_L(d_{\min}) \leq d_a \leq d_{MV}(d_{\max} + t)$ ◆

对于孔

■ $D_{fe} \geq D_M = D_{\min} - t$,

形状和位置公差选用原则



相关要求

如图 3.4-16 (a)所示，轴线的直线度公差 $\phi 0.02$ 是在轴为最大实体尺寸 $\phi 30$ 时给定的，当轴的尺寸小于 $\phi 30$ 时，直线度误差的允许值可以增大。例如，尺寸为 29.98，则允许的直线度误差为 $\phi 0.04$ ；当实际尺寸为最小实体尺寸 $\phi 29.97$ 时，允许的直线度误差最大，为 $\phi 0.05$ 。如图 3.4-16(b) 所示，当轴线的直线度误差小于图样上给定的 $\phi 0.02$ 时，如为 $\phi 0.01$ ，则允许其实际尺寸大于最大实体尺寸 $\phi 30$ 而达到 $\phi 30.1$ ；当直线度误差为 0 时，轴的实际尺寸可达到最大值，即等于最大实体实效边界尺寸 $\phi 30.02$ 。图 3.4-16 (c) 为上述关系的动态公差图。

形状和位置公差选用原则



相关要求

2) 可逆要求用于最小实体要求◆

被测要素的实际轮廓受最小实体实效边界控制(示例略)。

- ◆ 可逆要求用于最小实体要求的合格条件为：轴或孔的体内作用尺寸不得超过最小实体实效尺寸，局部实际尺寸不得超过最大实体尺寸，即◆

对于轴

$$d_{fi} \geq d_{LV} = d_{\min} - t,$$

$$d_{LV}(d_{\min} - t) \leq d_a \leq d_M(d_{\max}) \quad \blacklozenge$$

对于孔■

$$D_{fi} \leq D_M = D_{\max} + t,$$

$$\blacksquare \quad D_{LV}(D_{\max} + t) \geq D_a \geq D_M(D_{\min}) \quad \blacklozenge$$

形状和位置公差选用原则



相关要求

4. 可逆要求◆

采用最大实体要求与最小实体要求时，只允许将尺寸公差补偿给形位公差。有了可逆要求，可以逆向补偿，即当被测要素的形位误差值小于给出的形位公差值时，允许在满足功能要求的前提下扩大尺寸公差。因此，也可称为“可逆的最大实体要求”。◆



形状和位置公差选用原则

■ 小结：





形状和位置公差选用原则



形位公差的选择

- 1 形位公差项目的选择
- 2 基准要素的选择
- 3 公差原则的选用
- 4 形位公差值的选择



形状和位置公差选用原则



形位公差的选择

- ◆ 形位精度设计的主要内容包括：
 - 1、合理选用公差原则和相关要求；
 - 2、根据零件的结构特征、功能关系、检测条件以及有关标准件的要求，选择形位公差项目；
 - 3、根据零件的功能和精度要求、制造成本等，确定形位公差值；
 - 4、按标准规定进行图样标注。

形状和位置公差选用原则



形位公差项目的选择

选择形位公差项目可根据以下几个方面。◆

1. 零件的几何特征◆

零件加工误差出现的形式与零件的几何特征有密切联系。如圆柱形零件会出现圆柱度误差，平面零件会出现平面度误差，凸轮类零件会出现轮廓度误差，阶梯轴、孔会出现同轴度误差，键槽会出现对称度误差等。



形状和位置公差选用原则



形位公差项目的选择

2. 零件的功能要求◆

形位误差对零件的功能有不同的影响，一般只对零件功能有显著影响的误差项目才规定合理的形位公差。



设计时应尽量减少形位公差项目标注，对于那些对零件使用性能影响不大，并能够由尺寸公差控制的形位误差项目，或使用经济的加工工艺和加工设备能够满足要求时，不必在图样上标注形位公差，即按未注形位公差处理。

形状和位置公差选用原则

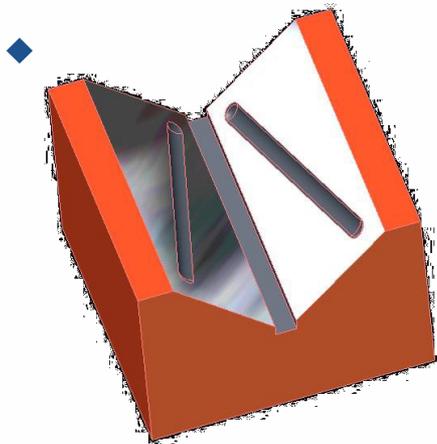


形位公差项目的选择

选择公差项目应考虑以下几个方面： ◆

(1) 保证零件的工作精度。

例如：机床导轨的直线度误差会影响导轨的导向精度，使刀架在滑板的带动下作不规则的直线运动，应该对机床导轨规定直线度公差；



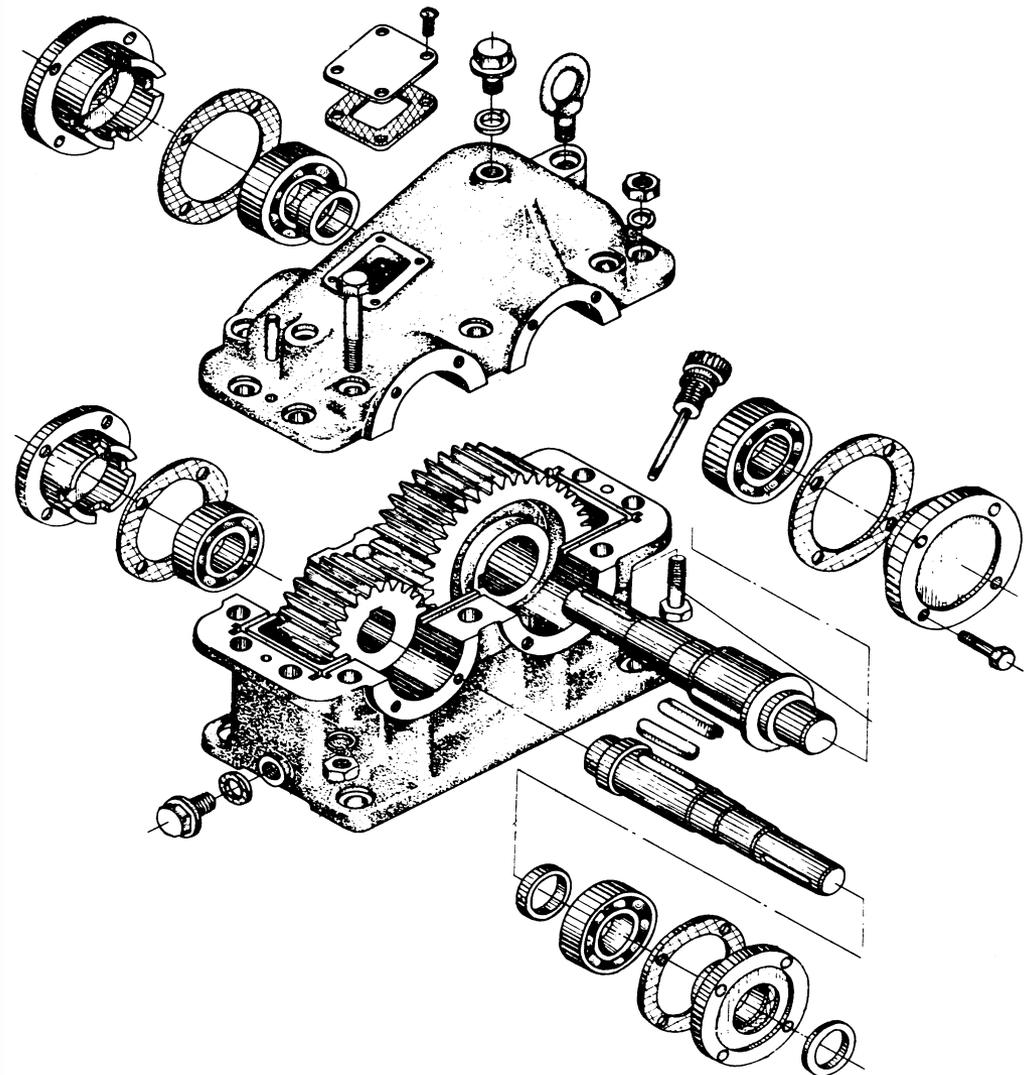
形状和位置公差选用原则

- 滚动轴承内、外圈及滚动体的形状误差，会影响轴承的回转精度，应对其给出圆度或圆柱度公差；



形状和位置公差选用原则

- 在齿轮箱体中，安装齿轮副的两孔轴线如果不平行，会影响齿轮副的接触精度和齿侧间隙的均匀性，降低承载能力，应对其规定轴线的平行度公差；机床工作台面和夹具定位面都是定位基准面，应规定平面度公差等。





形状和位置公差选用原则



形位公差项目的选择

(2) **保证联结强度和密封性**。例如：气缸盖与缸体之间要求有较好的联结强度和很好的密封性，应对这两个相互贴合的平面给出平面度公差；在孔、轴过盈配合中，圆柱面的形状误差会影响整个结合面上的过盈量，降低联结强度，应规定圆度或圆柱度公差等。



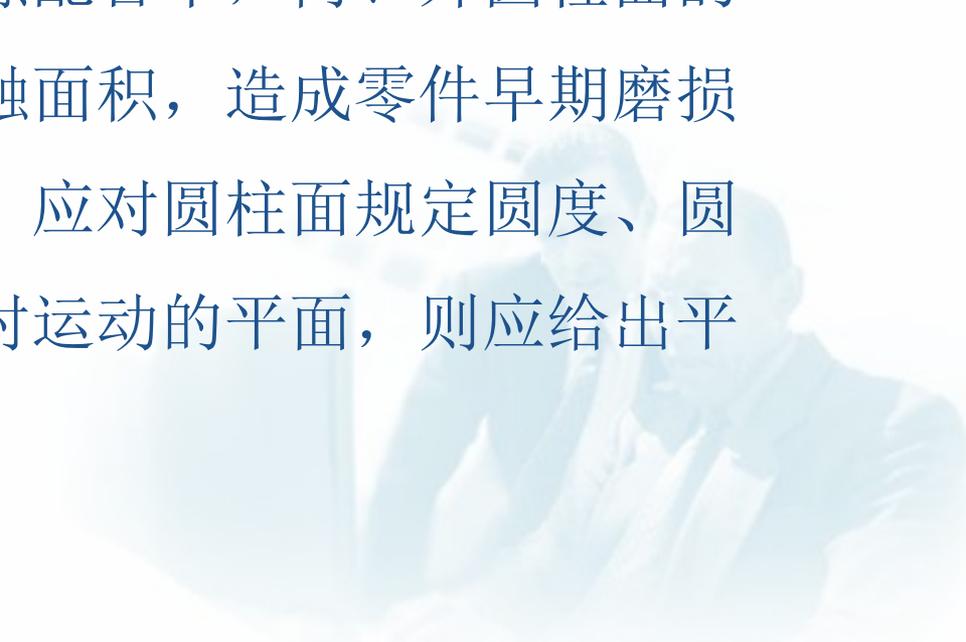


形状和位置公差选用原则



形位公差项目的选择

(3) 减少磨损， 延长零件的使用寿命。例如：
在有相对运动的孔、轴间隙配合中，内、外圆柱面的形状误差会影响两者的接触面积，造成零件早期磨损失效，降低零件使用寿命，应对圆柱面规定圆度、圆柱度公差；对滑块等作相对运动的平面，则应给出平面度公差要求等。 ◆





形状和位置公差选用原则



形位公差项目的选择

3. 形位公差的控制功能◆

各项形位公差的控制功能各不相同，有单一控制项目，如直线度、圆度、线轮廓度等；也有综合控制项目，如圆柱度、同轴度、位置度及跳动等，选择时应充分考虑它们之间的关系。例如：圆柱度公差可以控制该要素的圆度误差；定向公差可以控制与之有关的形状误差；定位公差可以控制与之有关的定向误差和形状误差；跳动公差可以控制与之有关的定位、定向和形状误差等。因此，应该尽量减少图样的形位公差项目，充分发挥综合控制项目的功能。 ◆

形状和位置公差选用原则



形位公差项目的选择

4. 检测的方便性◆

检测方法是否简便，将直接影响零件的生产效率和成本，所以，在满足功能要求的前提下，尽量选择检测方便的形位公差项目。例如，齿轮箱中某传动轴的两支承轴径，根据几何特征和使用要求应当规定圆柱度公差和同轴度公差，但为了测量方便，可规定径向圆跳动（或全跳动）公差代替同轴度公差。



形状和位置公差选用原则



形位公差项目的选择

应当注意：径向圆跳动是同轴度误差与圆柱面形状误差的综合结果，给出的跳动公差值应略大于同轴度公差，否则会要求过严。由于端面全跳动与垂直度的公差带完全相同，当被测表面面积较大时，可用端面全跳动代替垂直度公差，还可用圆度和素线直线度及平行度代替圆柱度，或用径向全跳动代替圆柱度等。



确定形位公差项目还应参照有关专业标准的规定。例如，与滚动轴承相配合孔、轴的形位公差项目，在滚动轴承标准中已有规定；单键、花键、齿轮等标准对有关形位公差也都有相应要求和规定。 ◆



形状和位置公差选用原则



基准要素的选择

基准是设计、加工、装配与检验零件被测要素的方向和位置的参考对象。因此，合理选择基准才能保证零件的功能要求和工艺性及经济性。





形状和位置公差选用原则



基准要素的选择

基准选择的主要任务，就是要根据零件的功能要求和零件上各部位要素间的几何关系，正确选择基准部位，确定所需基准的数量，并依据零件的使用、装配要求选定最优的基准顺序。选择时应遵守基准统一原则，使设计、工艺、装配和检验基准一致。从加工、检测的要求考虑，尽可能选择在夹具、检具中定位的要素作为设计基准，以保证加工精度，减小测量误差，简化夹具与检具的设计。



形状和位置公差选用原则



公差原则的选用

选择公差原则时，应根据被测要素的功能要求，充分发挥公差的职能和选择该种公差原则的可行性、经济性。表 3-4 列出了常用公差原则的应用场合，可供选择时参考。 ◆





形状和位置公差选用原则

表 3-4 公差原则选择参考表◆

公差原则	应用场合	示 例
独立原则	尺寸精度与形位精度需要分别满足	齿轮箱体孔的尺寸精度和两孔轴线的平行度滚动轴承内、外圈滚道的尺寸精度与形状精度
	尺寸精度与形位精度相差较大	冲模架的下模座尺寸精度要求不高，平行度要求较高；滚筒类零件尺寸精度要求很低，形状精度要求较高
	尺寸精度与形位精度无联系	齿轮箱体孔的尺寸精度与孔轴线间的位置精度；发动机连杆上的尺寸精度与孔轴线间的位置精度
	保证运动精度	导轨的形状精度要求严格，尺寸精度要求次要
	保证密封性	汽缸套的形状精度要求严格，尺寸精度要求次要
	未注公差	凡未注尺寸公差与本注形位公差都采用独立原则，例如退刀槽、倒角等



形状和位置公差选用原则

表 3-4 公差原则选择参考表（续）

包容要求	保证配合性质	配合的孔与轴采用包容要求时，可以保证配合的最小间隙或最大过盈。也常作为基准使用的孔、轴类零件
	尺寸公差与形位公差间无严格比例关系要求	一般的孔与轴配合，只要求作用尺寸不超过最大实体尺寸，局部实际尺寸不超过最小实体尺寸
	保证关联作用尺寸不超过最大实体尺寸	关联要素的孔与轴的性质要求，标注 0M
最大实体要求	被测中心要素	保证自由装配，如轴承盖上用于穿过螺钉的通孔，法兰盘上用于穿过螺栓的通孔，使制造更经济
	基准中心要素	基准轴线或中心平面相对于理想边界的中心允许偏离时，如同轴度的基准轴线
最小实体要求	中心要素	用于满足临界值的设计，以控制最小壁厚，保证最低强度



形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

当形位公差的未注公差不能满足零件的功能要求时，必须要在图样上单独标注形位公差项目及其公差值，注出形位公差值的确定应在满足零件使用要求的前提下选取最经济的公差值。 ◆



形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

1. 形位公差等级◆

(1) 圆度、圆柱度公差等级分为 0 级，1 级，2 级，…，12 级（共 13 级），其中 0 级最高。其值参见书中表 3-10。◆

(2) 其余各项形位公差都分为 1 ~ 12 级。其公差值见书中表 3-9、表 3-11、表 3-12。◆

(3) 位置度公差没有划分公差等级，它的公差值通过计算确定。◆

形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

2. 形位公差值◆

形位公差值选用的原则是，在满足零件功能要求的前提下，应该尽可能选用较低的公差等级，并考虑加工的经济性、结构及刚性等具体问题。表 3-5 ~ 表 3-8 列出了部分形位公差等级的适用场合，以供设计者类比参考。形位公差等级的高低，可根据设计要求对照表中应用举例来确定。 ◆



形状和位置公差选用原则

表 3-5 直线度、平面度公差等级的应用◆

公差等级	应用举例
5	用于 1 级平板, 2 级宽平尺, 平面磨床的纵导轨、垂直导轨、立柱导轨及工作台, 液压龙门刨床和六角车床床身导轨, 柴油机进气、排气阀门导杆
6	用于普通机床导轨, 如卧式车床、龙门刨床、滚齿机、自动车床等的床身导轨, 立柱导轨, 柴油机壳体
7	用于 2 级平板, 机床主轴箱体, 摇臂钻底座工作台, 镗床工作台, 液压泵盖, 减速器壳体的结合面
8	用于机床传动箱体, 交换齿轮箱体, 车床溜板箱体, 柴油机气缸体, 连杆分离面, 缸盖结合面, 汽车发动机缸盖, 曲轴箱结合面, 液压管件和法兰连接面
9	用于 3 级平板, 自动车床床身底面, 摩托车曲轴箱体, 汽车变速器壳体, 手动机械的支承面



形状和位置公差选用原则

表 3-6 圆度、圆柱度公差等级的应用◆

公差等级	应用举例
5	一般计量仪器主轴、测杆外圆柱面，陀螺仪轴颈，一般机床主轴轴颈及主轴轴承孔，柴油机、汽油机活塞、活塞销，与 6 级滚动轴承配合的轴颈
6	仪表端盖外圆柱面，一般机床主轴及前轴承孔，泵、压缩机的活塞和气缸，汽车发动机凸轮轴，纺机锭子，减速器转轴轴颈，高速船用柴油机、拖拉机曲轴主轴颈，与 6 级滚动轴承配合的外壳孔，与 0 级滚动轴承配合的轴颈
7	大功率低速柴油机曲轴轴颈、活塞、活塞销、连杆、气缸，高速柴油机箱体轴承孔，千斤顶或压力油缸活塞，机车传动轴，水泵及通用减速器转轴轴颈，与 0 级滚动轴承配合的外壳孔
8	大功率低速发动机曲轴轴颈，压气机连杆盖、连杆体，拖拉机气缸、活塞，炼胶机冷铸轴辊，印刷机传墨辊，内燃机曲轴轴颈，柴油机凸轮轴承孔、凸轮轴，拖拉机、小型船用柴油机气缸套
9	空气压缩机缸体，液压传动件，通用机械杠杆与拉杆用套筒销子，拖拉机活塞环



形状和位置公差选用原则

表 平行度、垂直度、倾斜度、端面跳动公差等级的应用

公差等级	应用举例
4, 5	卧式车床导轨、重要支承面，机床主轴轴承孔对基准的平行度，精密机床重要零件，计量仪器、量具、模具的基准面和工作面，机床主轴箱体重要孔，通用减速器壳体孔，齿轮泵的油孔端面，发动机轴和离合器的凸级，气缸支承端面，安装精密滚动轴承的壳体孔的凸肩
6, 7, 8	一般机床的基准面和工作面，压力机和滚烫的工作面，中等精度钻模的工作面，机床一般轴承孔对基准的平行度，变速器箱体孔，主轴花键对定心表面轴线的平行度，重型机械滚动轴承端盖，提升机、手动传动装置中的传动轴，一般导轨，主轴箱体孔、刀架、砂轮架、气缸配合面对基准轴线及活塞销孔对活塞轴线的垂直度，滚动轴承内、外围端面对轴线的垂直度
9, 10	低精度零件，重型机械滚动轴承端盖，柴油机、煤气发动机箱体的曲轴孔、曲轴轴颈，花键轴和轴肩端面，带式输送机法兰盘等端面对轴线的垂直度，手动提升机及传动装置中轴承孔端面，减速器壳体平面



形状和位置公差选用原则

表 3-8 同轴度、对称度、径向圆跳动公差等级的应用◆

公差等级	应用举例
5, 6, 7	这是应用范围较广的公差等级。用于形位精度要求较高、尺寸的标准公差等级为 IT8 及高于 IT8 的零件。5 级常用于机床主轴轴颈, 计量仪器的测杆, 汽轮机主轴, 柱塞油泵转子, 高精度滚动轴承外圈, 一般精度滚动轴承内圈。6、7 级用于内燃机曲轴, 凸轮轴、齿轮轴、水泵轴、汽车后轮输出轴, 电动机转子、印刷机传墨辊的轴颈, 键槽
8, 9	常用于形位精度要求一般、尺寸的标准公差等级为 IT9 至 IT11 的零件。8 级用于拖拉机、发动机分配轴轴颈, 与 9 级精度以下齿轮相配的轴, 水泵叶轮, 离心泵泵体, 棉花精梳机前后滚子, 键槽等。9 级用于内燃机气缸套配合面, 自行车中轴

形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

形位公差值决定了形位公差带的宽度或直径，是控制零件制造精度的直接指标。确定的公差值过小，会提高制造成本；确定的公差值过大，虽能降低制造成本，但保证不了零件的功能要求，影响产品质量。因此，应合理确定形位公差值，以保证产品功能，提高产品质量，降低制造成本。



形位公差值的确定方法有类比法和计算法，通常采用类比法。按类比法确定形位公差值时，应考虑以下几个方



形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

(1) 一般情况下，同一要素上给定的形状公差值应小于定向和定位公差值；同一要素的定向公差值应小于其定位公差值；位置公差值应小于尺寸公差值。如某平面的平面度公差值应小于该平面对基准的平行度公差值；而其平行度公差值应小于该平面与基准间的尺寸公差值。 ◆

对同一基准或基准体系，跳动公差具有综合控制的性质，因此回转表面及其素线的形状公差值和定向、定位公差值均应小于相应的跳动公差值。同时，同一要素的圆跳动公差值应小于全跳动公差值。 ◆



形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

综合性的公差应大于单项公差。如圆柱表面的圆柱度公差可大于或等于圆度、素线和轴线的直线度公差；平面的平面度公差应大于或等于平面的直线度公差；径向全跳动应大于径向圆跳动、圆度、圆柱度、素线和轴线的直线度，以及相应的同轴度公差。

◆ (2) 在满足功能要求的前提下，考虑加工的难易程度、测量条件等，应适当降低 1 ~ 2 级。◆

- ① 孔相对轴。◆
- ② 长径比 (L / d) 较大的孔或轴。◆
- ③ 宽度较大 (一般大于 1/2 长度) 的零件表面。◆

形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

④ 对结构复杂、刚性较差或不易加工和测量的零件，如细长轴、薄壁件等。 ◆

⑤ 对工艺性不好，如距离较大的分离孔或轴。 ◆

⑥ 线对线和线对面相对于面对面的定向公差，如平行度、垂直度和倾斜度。 ◆

(3) 确定与标准件相配合的零件形位公差值时，不但要考虑形位公差国家标准的规定，还应遵守有关的国家标准的规定。





形状和位置公差选用原则



公形位公差值的选用

总之，具体应用时要全面考虑各种因素来确定各项公差等级。 ◆

查表时应该按相应的主参数，再结合已确定的公差等级进行查取。 ◆

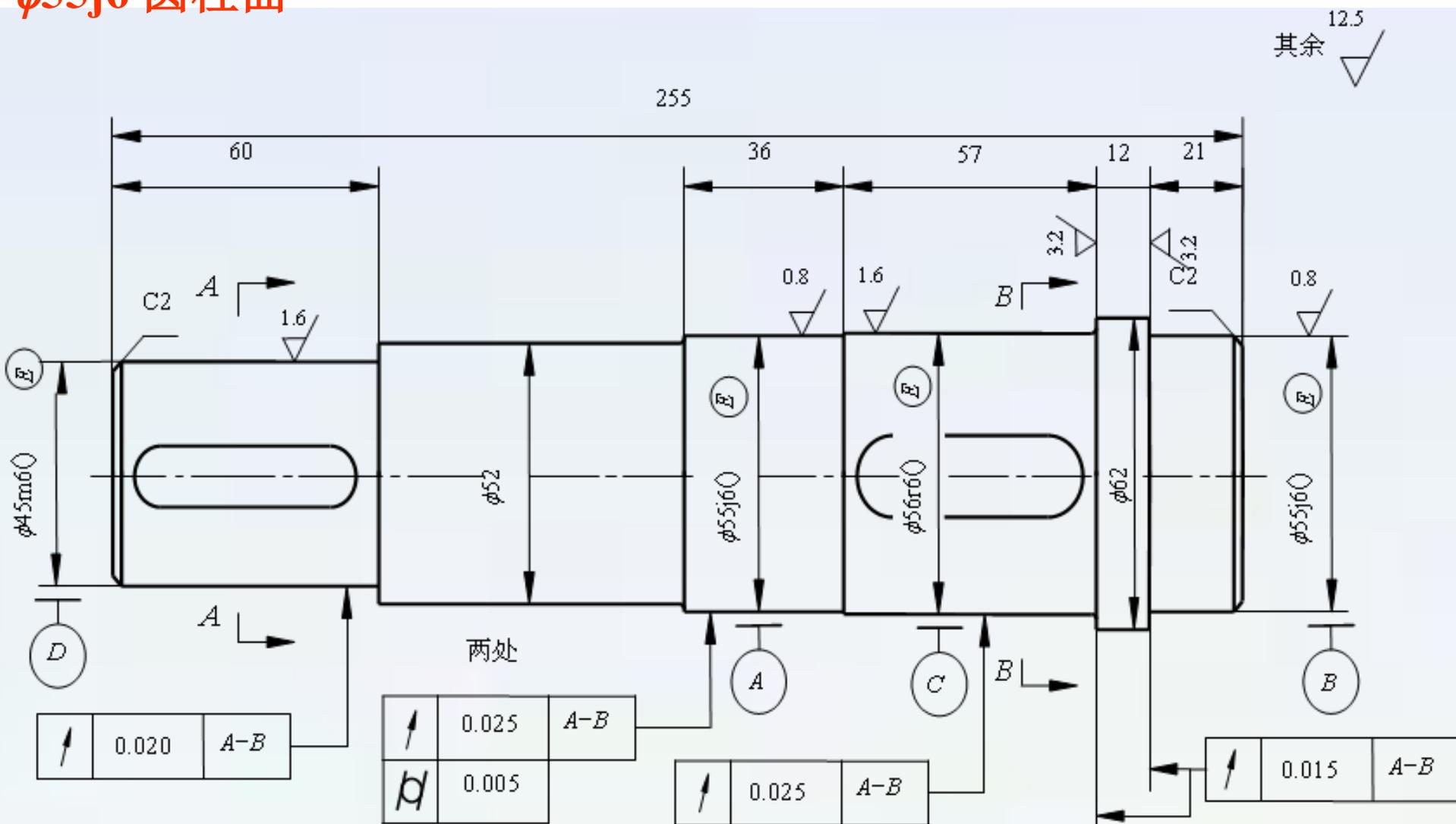
由于轮廓度的误差规律比较复杂，因此目前国家标准尚未对其公差值作出统一规定。





形状和位置公差选用原则

φ55j6 圆柱面





形状和位置公差选用原则

其余 ∇

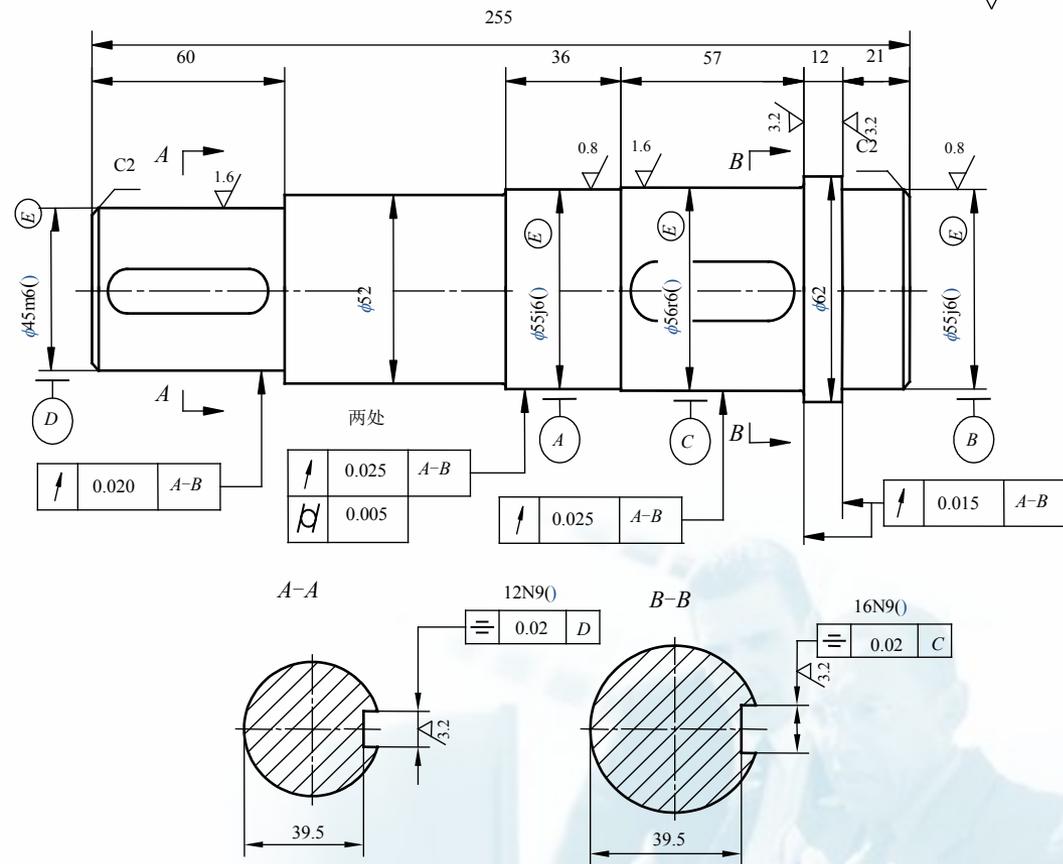


图 输出轴形位公差标注示例

$\phi 55j6$ 圆柱面

从检测的可能性和经济性分析，可用径向圆跳动公差代替同轴度公差，参照表 4-27 确定公差等级为 7 级，查表 4-22，其公差值为 0.025mm。查表 4-25 和表 4-20 确定圆柱度公差等级为 6 级，公差值为 0.005mm。



形状和位置公差选用原则

(3) 键槽 12N9 和键槽 16N9

查表，对称度公差数值均按 8 级给出，查表 4-22，其公差值为 0.02mm。

(4) 轴肩公差等级

取为 6 级，查表，其公差值为 0.015mm。

(5) 其他要素



