

公差原则 专题

1、教学要求

◆ 知识目标

- 1、熟悉独立原则、包容要求和最大实体要求。
- 2、能够正确识读图样上标注公差的含义。

◆ 能力目标

- 1、能够正确应用尺寸公差的补偿方法和形位公差的独立原则，计算零件**尺寸公差允许的最大值**。
- 2、能够正确计算允许达到的公差值和识读公差标注的含义。

◆ 素质目标

- 1、培养学生在公差允许条件下计算出零件的最大实体尺寸。
- 2、能够正确读图并会计算公差值。

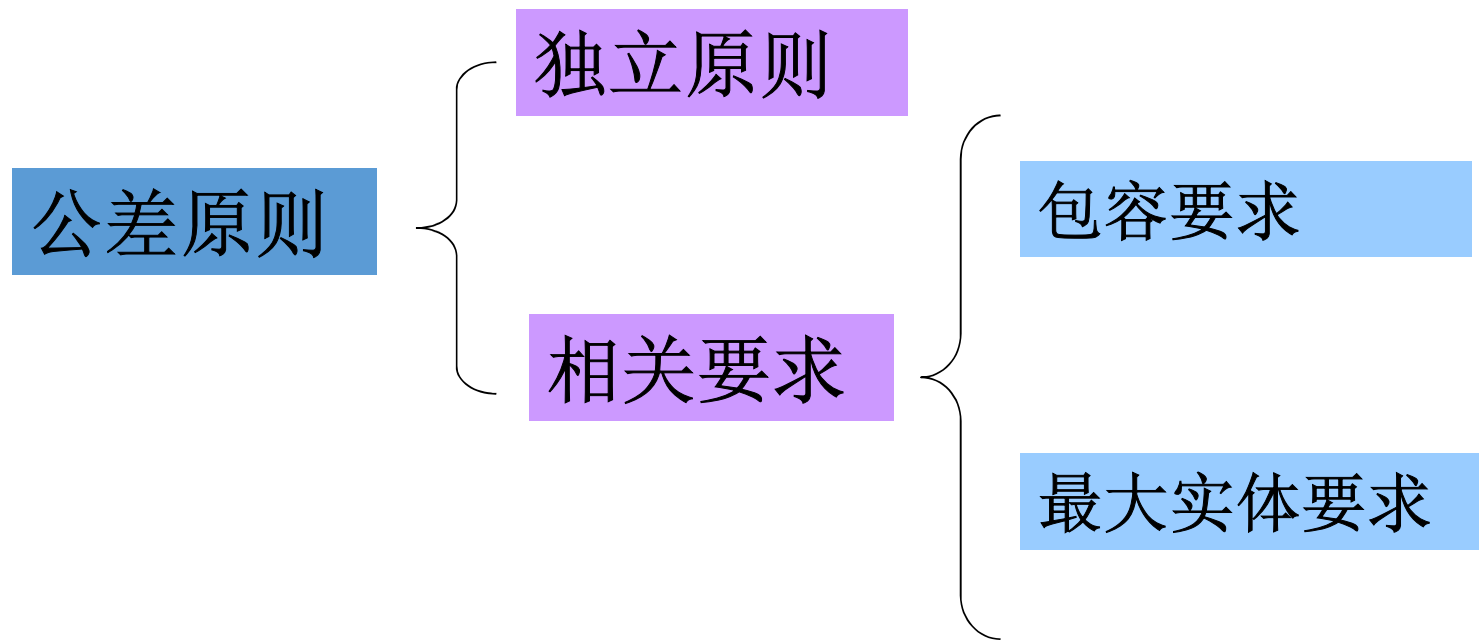
1、教学要求

- ◆ 1、能够计算最大实体允许公差值。
- ◆ 2、能够识读图样，准确理解形位公差的含义。
- ◆ 3、能够按照标准，计算出所允许的公差值，判断零件是否合格。

2、前言

- 任何零件都同时存在形位误差和尺寸误差。
- 形位公差和尺寸公差都是控制零件精度的两类不同性质的公差。
- 它们彼此是独立的，但在一定条件下，二者又是相关并互相补偿的。
- 形位公差在什么条件下可以用尺寸公差补偿或者不能用尺寸公差补偿？
- 这就是我们今天要学习的内容-----公差原则。
- 公差原则——处理形位公差和尺寸公差关系的原则。

3、公差原则的分类



GB / T4249-2009和GB / T16671-2009规定了形位公差与尺寸公差之间的关系。

4、主要内容

4.1、有关定义、符号及尺寸代号

4.2、独立原则

4.3、相关要求

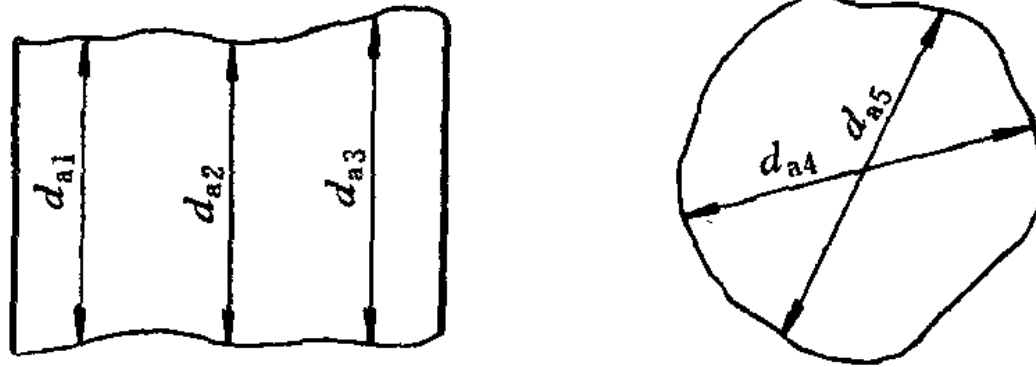
4.4、包容要求

4.5、最大实体要求

4.6、公差原则的选择

4.1、有关定义、符号及尺寸代号

轴、孔的局部实际尺寸 (D_a , d_a) (locally actual size): 在实际要素的任意正截面上, 两对应点之间测得的距离。

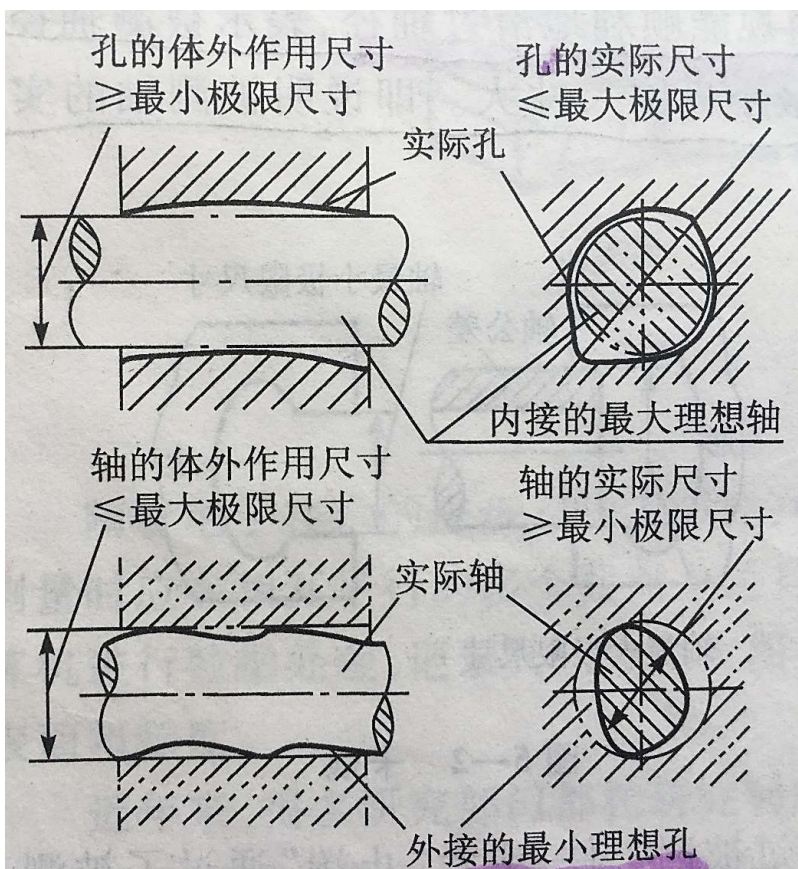


轴、孔的体外作用尺寸 (d_{fe} , D_{fe})

在被测要素的给定长度上, 与实际外表面体外相接的**最小理想面**或与实际内表面体外相接的**最大理想面**的直径或宽度。

体外作用尺寸与实际尺寸的关系

- 当工件存在形状位置误差时，孔的体外作用尺寸一般小于该孔的最小实际尺寸，轴的体外作用尺寸一般大于该轴的最大实际尺寸。
- 当工件没有形位误差时，其体外作用尺寸就等于实际尺寸。

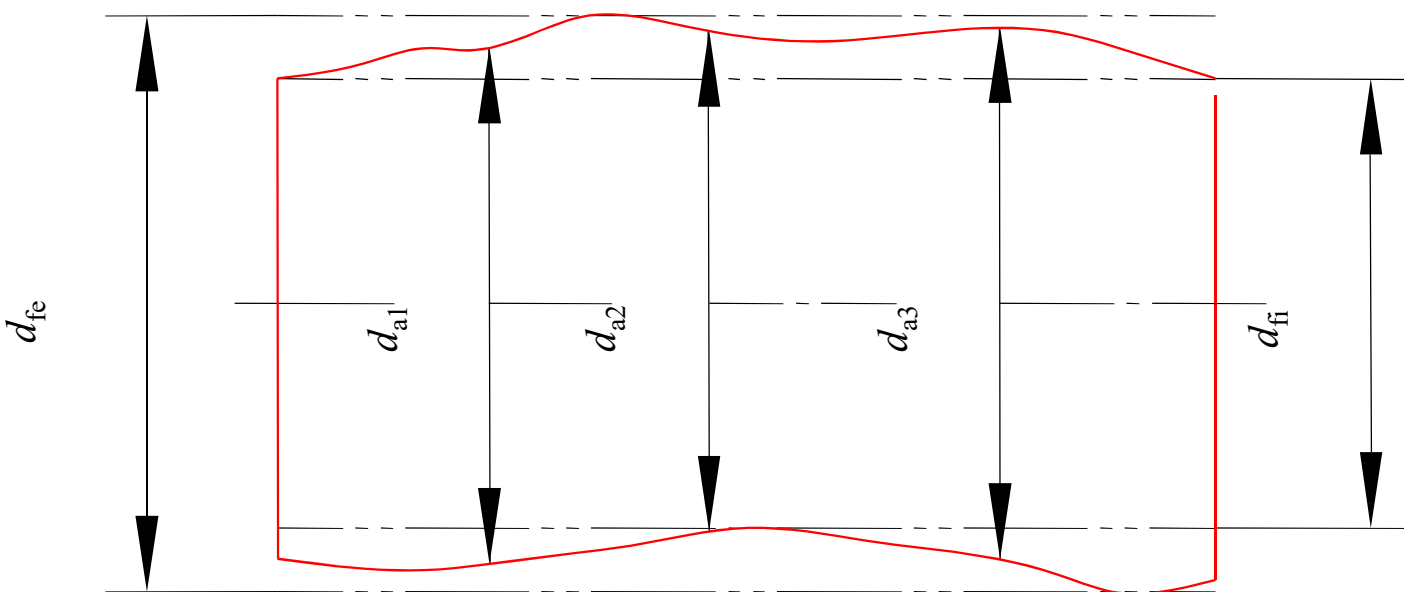


• 回顾---量规设计的原则：泰勒原则

- 孔的体外作用尺寸应该大于等于孔的
 - 最小极限尺寸，并在任何位置上孔的
 - 孔的最大实际尺寸应小于或等于孔的最大极限尺寸。
-
- 轴的体外作用尺寸应该小于或等于轴的
 - 最大极限尺寸，并在任何位置上轴的
 - 轴的最小实际尺寸应大于或等于轴的最小极限尺寸。

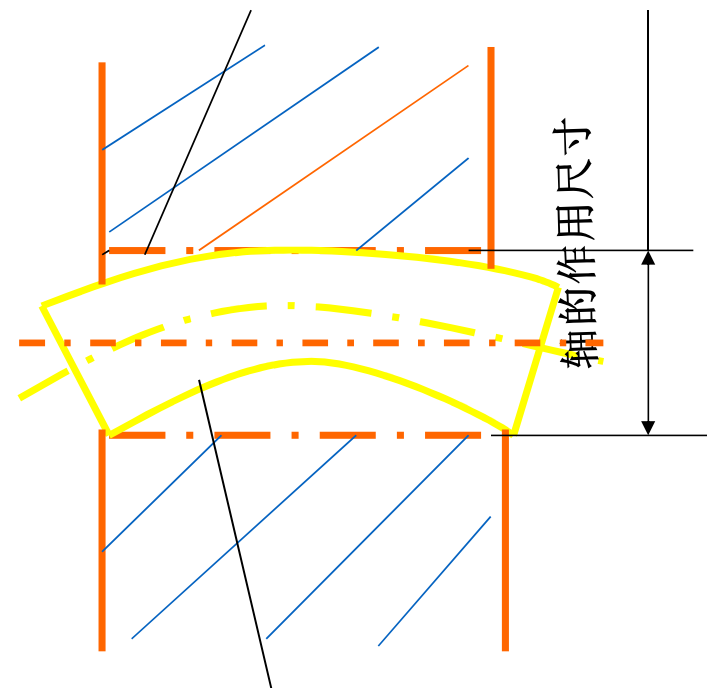
轴的体外作用尺寸(d_{fe} 、 D_{fe})

在被测要素的给定长度上，与实际外表面体外相接的**最小理想孔**。



a) 外表面(轴)

轴外接的最小理想孔

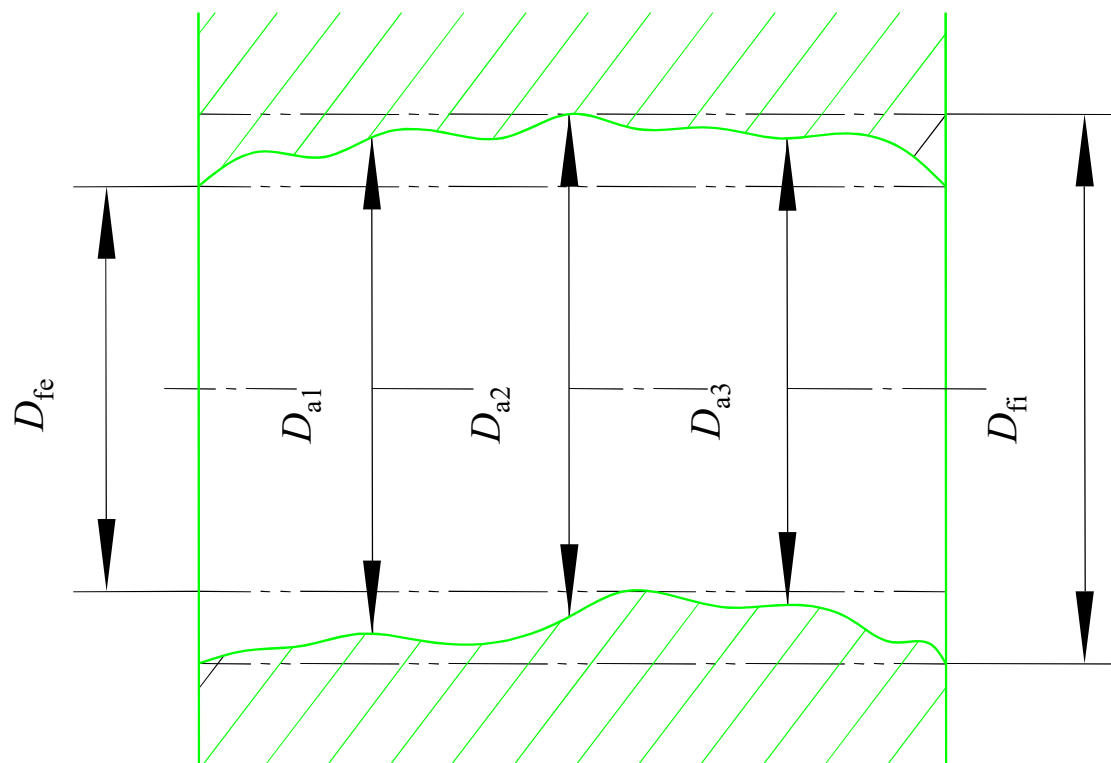


实际轴

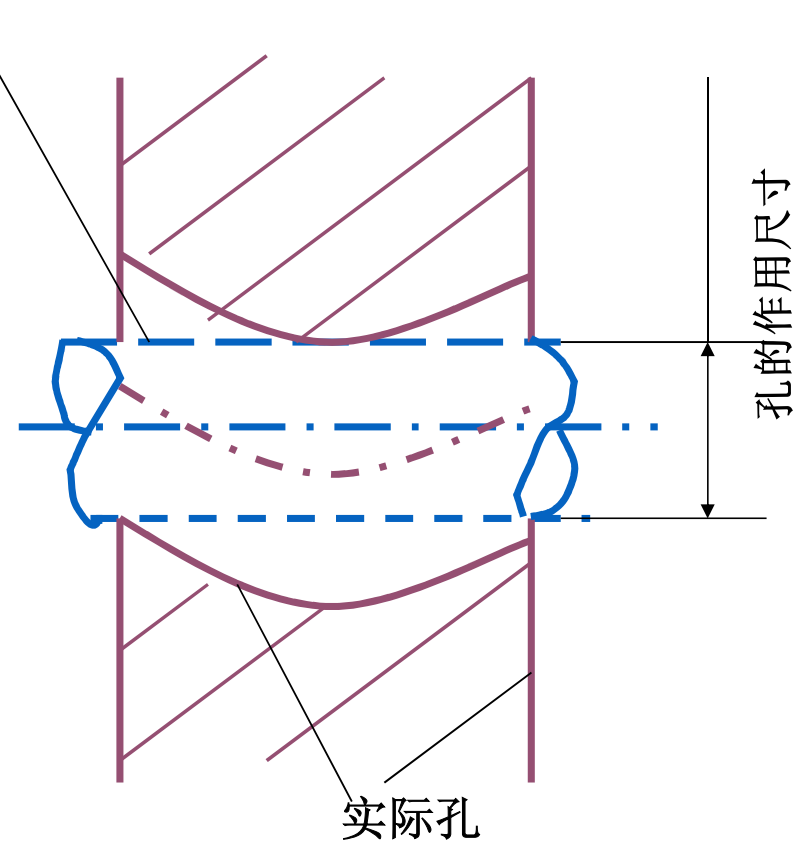
轴的体外作用尺寸: $d_{fe} = d_a + t_{形}$ d_a 局部实际尺寸

孔的体外作用尺寸(D_{fe})

内接的最大理想轴



b) 内表面(孔)



孔的体外作用尺寸一般小于该孔的最小实际尺寸

孔的体外作用尺寸: $D_{fe} = D_a - t_{形}$

D_a 局部实际尺寸

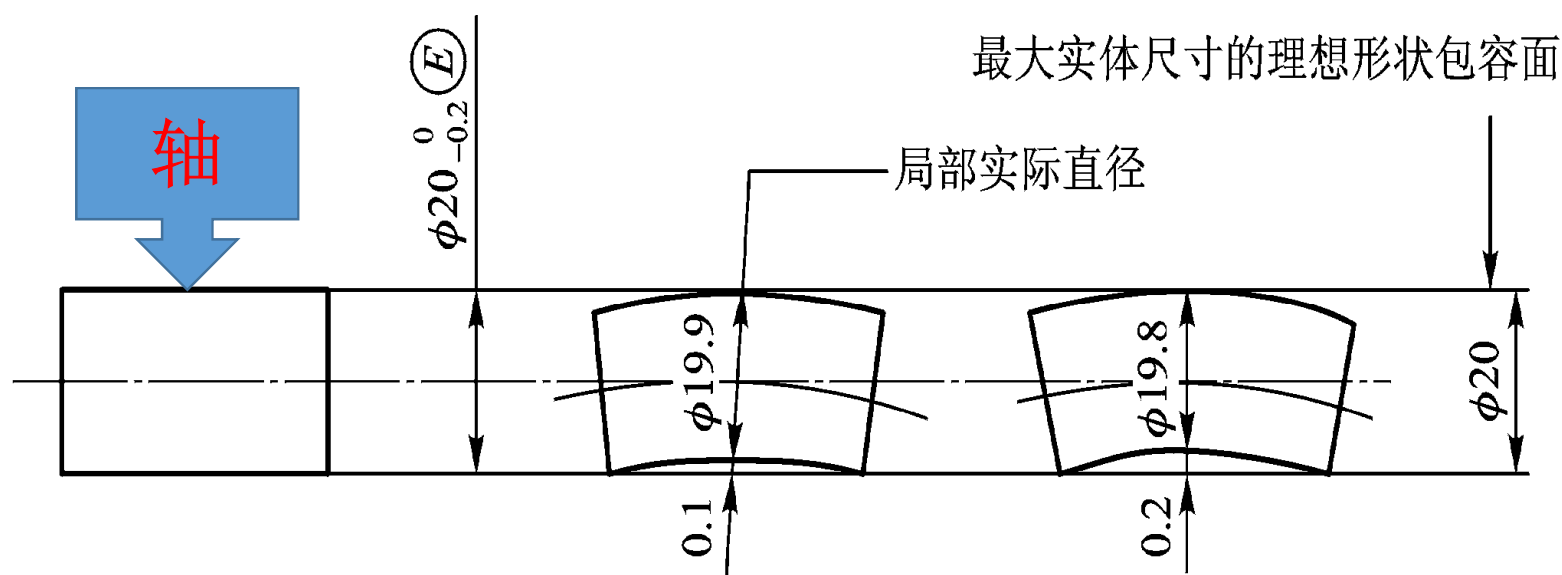
最大实体状态 (MMC) 最大实体尺寸 (MMS)

最大实体状态：材料量最多的状态。

最大实体尺寸：实际要素在最大实体状态下的极限尺寸。

d_M --- 轴的最大实体尺寸 $d_M = d_{max};$

D_M ---孔的最大实体尺寸为 $D_M = D_{min}$ 。



最大实体实效状态 (MMVC) 最大实体实效尺寸 (MMVS)

指实际要素在给定长度上处于最大实体状态（具有最大实体尺寸），且其对应中心要素的形状或位置误差等于图样上标注的形位公差时的综合极限状态。

此综合极限状态下的体外作用尺寸称为最大实体实效尺寸。

轴、孔的最大实体实效尺寸分别用符号 d_{MV} 和 D_{MV} 表示。

对于轴： $d_{MV} = d_{max} + t_{形位}$

对于孔： $D_{MV} = D_{min} - t_{形位}$

体外作用尺寸与最大实体实效尺寸区别

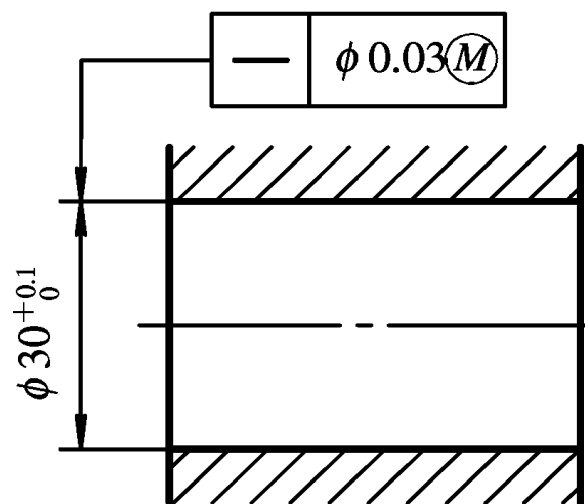
两个尺寸的区别的：

体外作用尺寸在零件上实际存在的。
最大实体实效尺寸是设计者确定的。

两者关系：

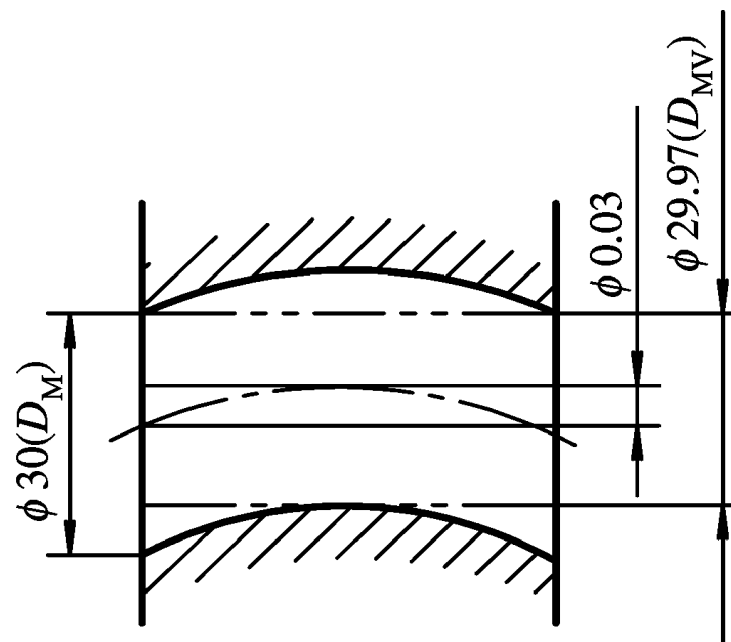
用最大实体实效尺寸控制体外作用尺寸。

孔的最大实体实效尺寸



图样标注

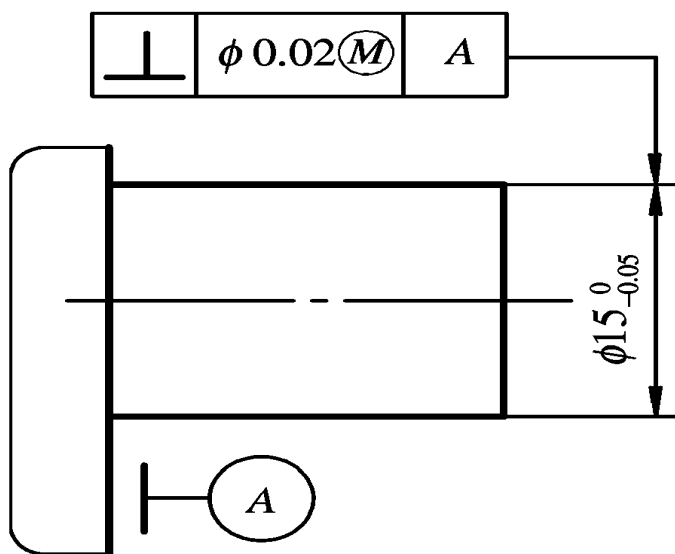
(a)



(b)

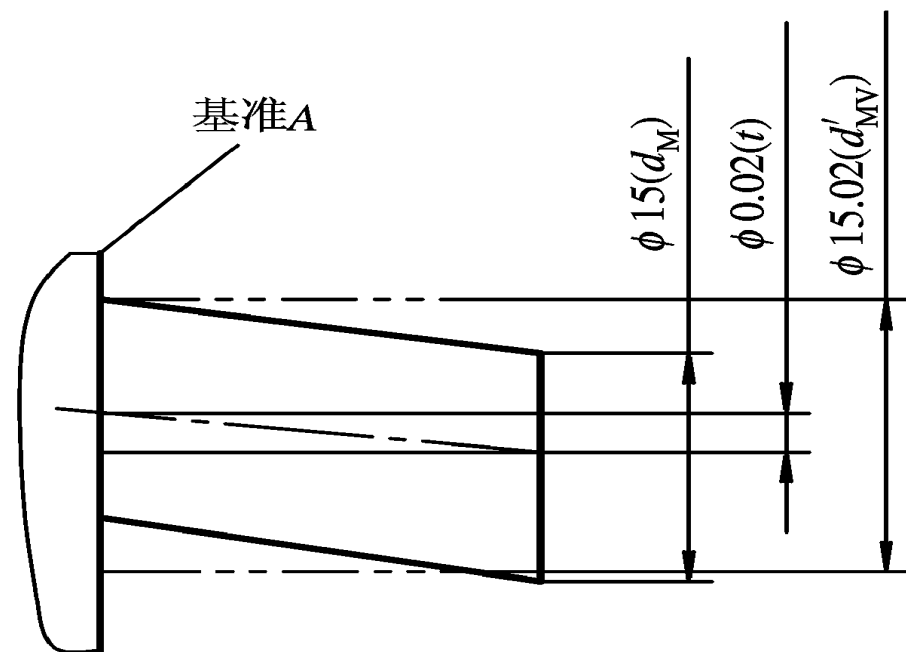
如图所示，孔的最大实体实效尺寸 $D_{MV} = D_M - t = D_{\min} - t = 30 - 0.03 = 29.97$ mm。

轴的最大实体实效尺寸



图样标注

(a)

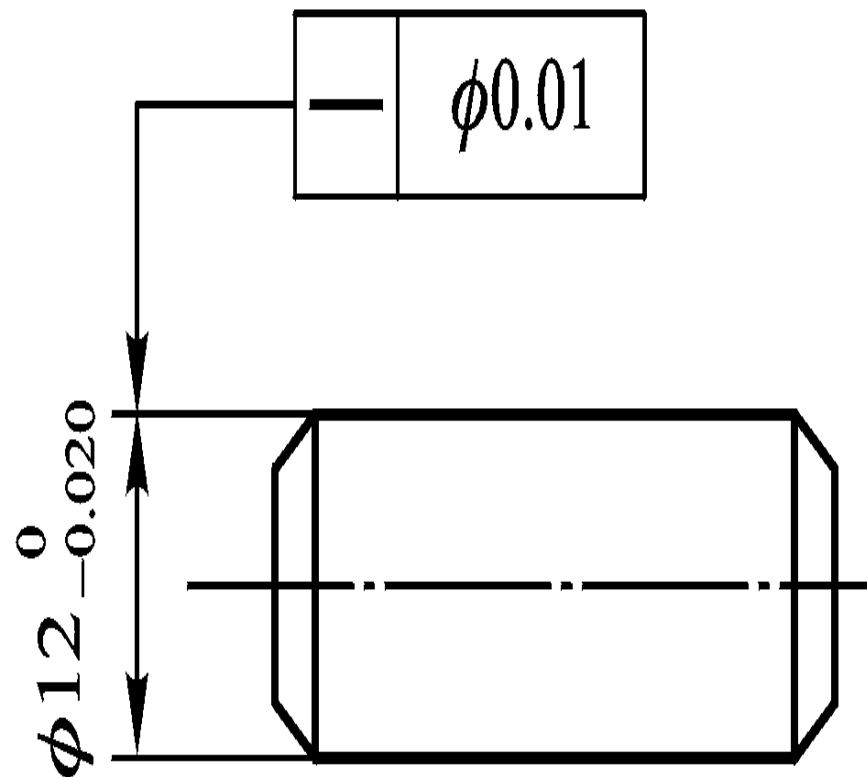


(b)

轴的最大实体实效尺寸 = $d_M + t = d_{\max} + t = 15 + 0.02 = 15.02 \text{ mm}$ 。

4.2、独立原则

- ◆ 零件的尺寸公差和形位公差都要分别满足图纸上的公差标注要求，两者之间没有关联，互不影响，相互独立。
- ◆ 如图所示，销轴的外径公差为0.02，中心线的直线度误差为 $\phi 0.01$ ，检测结果互不影响，应满足各自的独立要求，只要有一项超差，该零件就算不合格。



独立原则的含义

图样上给定的每一个尺寸、形状和位置要求均是独立的，应分别满足要求。如果对尺寸和形状、尺寸与位置之间的相互关系有特定要求应在图样上规定。

独立原则是尺寸公差和形位公差相互关系遵循的基本原则。

采用独立原则时，所给出的尺寸公差和形位公差相互无关。

独立原则中尺寸公差和形位公差的职能

(1) 尺寸公差的职能

控制被测要素的实际尺寸的变动量。

(2) 形位公差的职能

控制实际被测要素对其理想形状、方向或位置的变动量，而与该要素的实际尺寸无关。

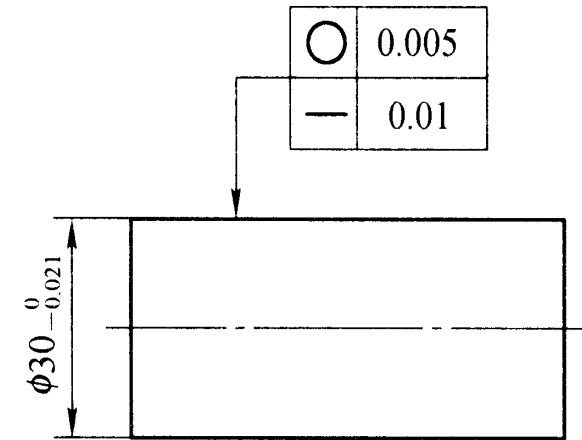
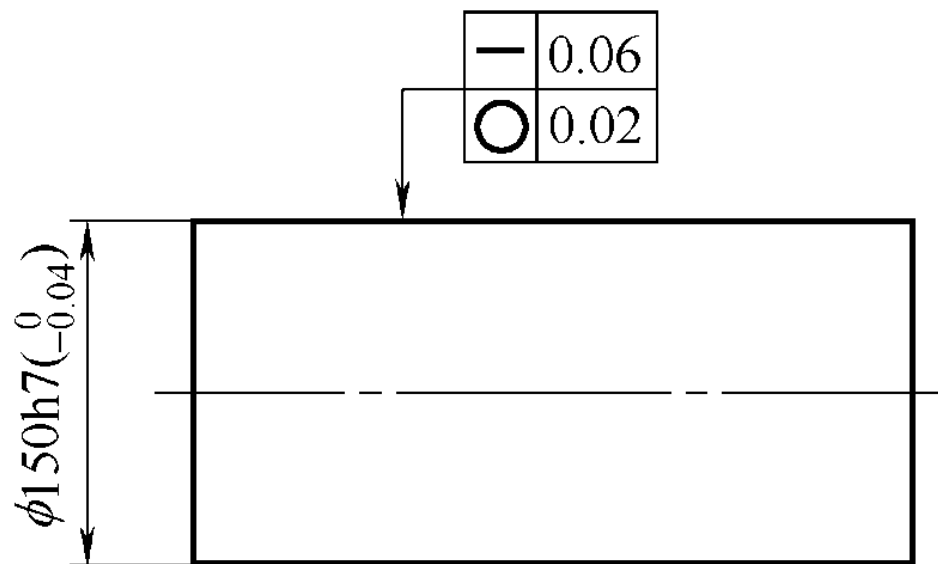


图 4-37 按独立原则标注公差示例

独立原则的识别

凡是对给出的尺寸公差和形位公差未用特定符号或文字说明它们有联系者，就表示它们遵守独立原则



独立原则标注示例

独立原则的零件合格条件

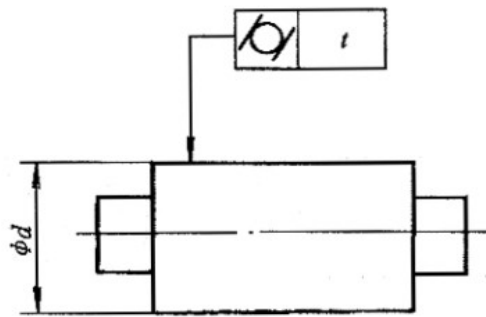
$$D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max} \quad f \leq t$$

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max} \quad f \leq t$$

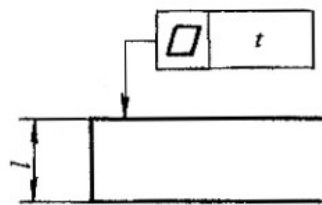
遵守的边界：极限尺寸边界

独立原则的应用与测量

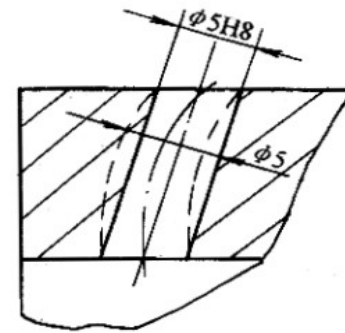
- 应用：独立原则的应用**十分广泛**，大多数零件都采用独立原则，是确定尺寸公差和形位公差关系的基本原则。
 - 要求相差较大，需分别满足要求；
 - 无联系，保证运动精度、密封性，未注公差等场合。



(a) 印刷机的滚筒



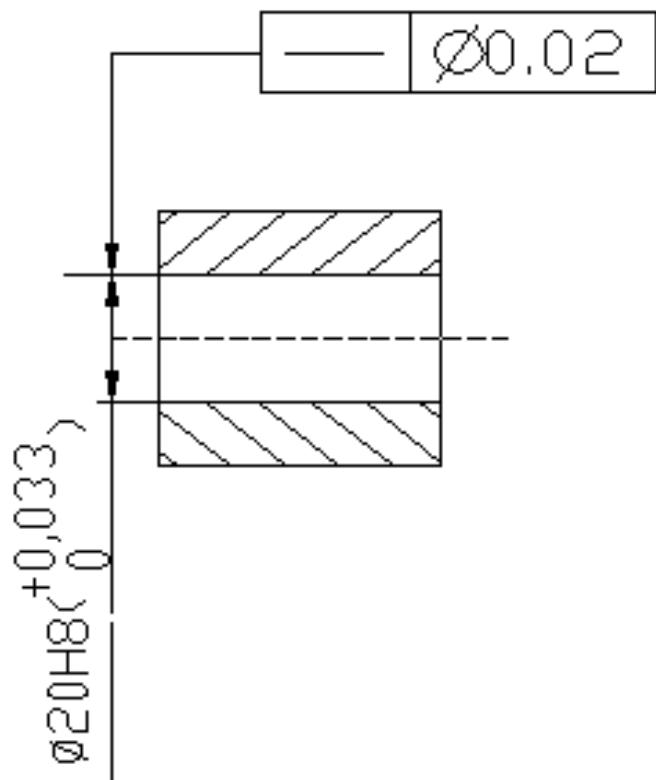
(b) 测量平板



(c) 箱体上的通油孔

- 测量：应用独立原则时，形位误差的数值一般用通用量具测量。

独立原则的实例分析



- 对如图所示的轴套
- 所采用的公差原则
 - 独立原则
- 若 $D_a=20.01$, $f=0.01$, 零件是否合格?

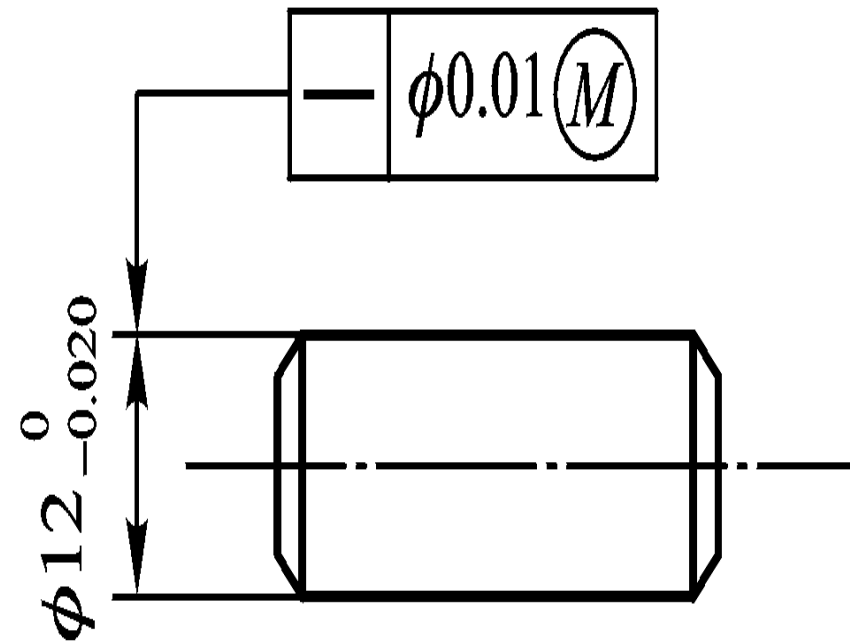
$$(20=D_{\min}) \leq (D_a=20.01) \leq (D_{\max}=20.033)$$

$$(f=0.01) \leq (t=0.02)$$

– 合格

4.3、相关要求

- ◆ 尺寸公差和形位公差之间有相互关联。
- ◆ 图示的轴的外径尺寸做成11.98为合格产品，而直线度误差可以借用轴的公差0.02的余量，即直线度误差可以达到0.03的范围内，该轴仍可以使用。
- ◆ 应用相关要求可以提高产品的合格率、减少废品。
- ◆ 相关要求包括
- ◆ 包容要求、最大实体要求和最小实体要求三个方面。

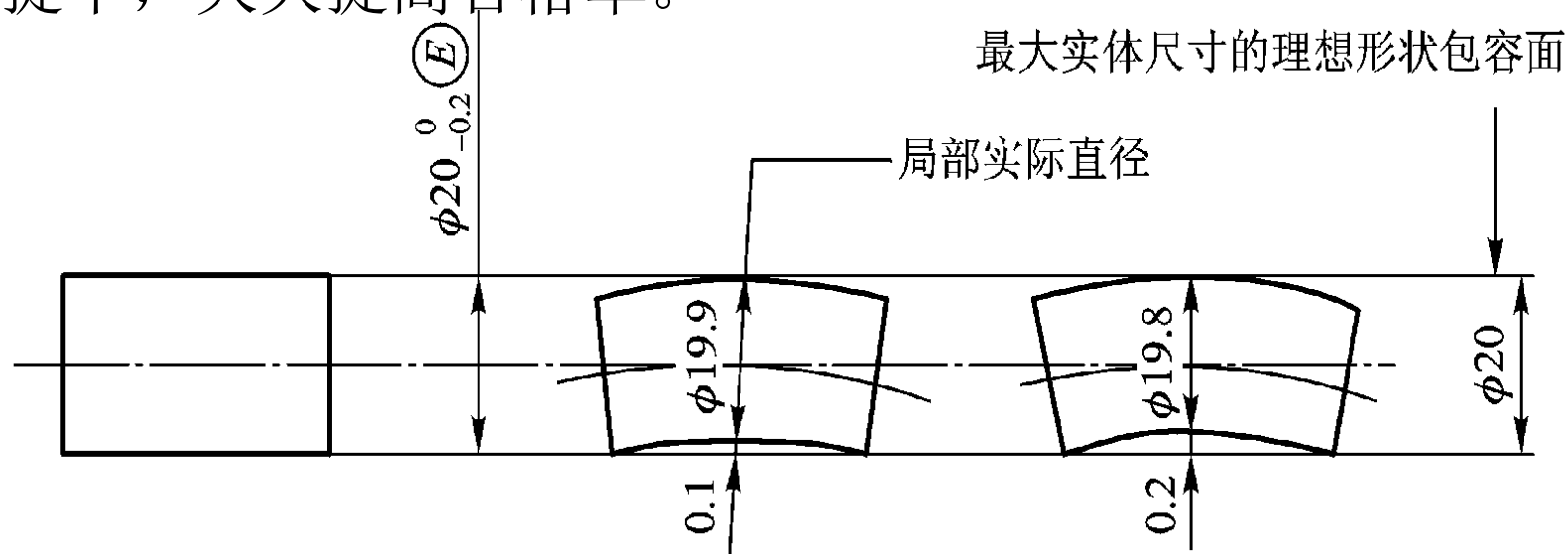


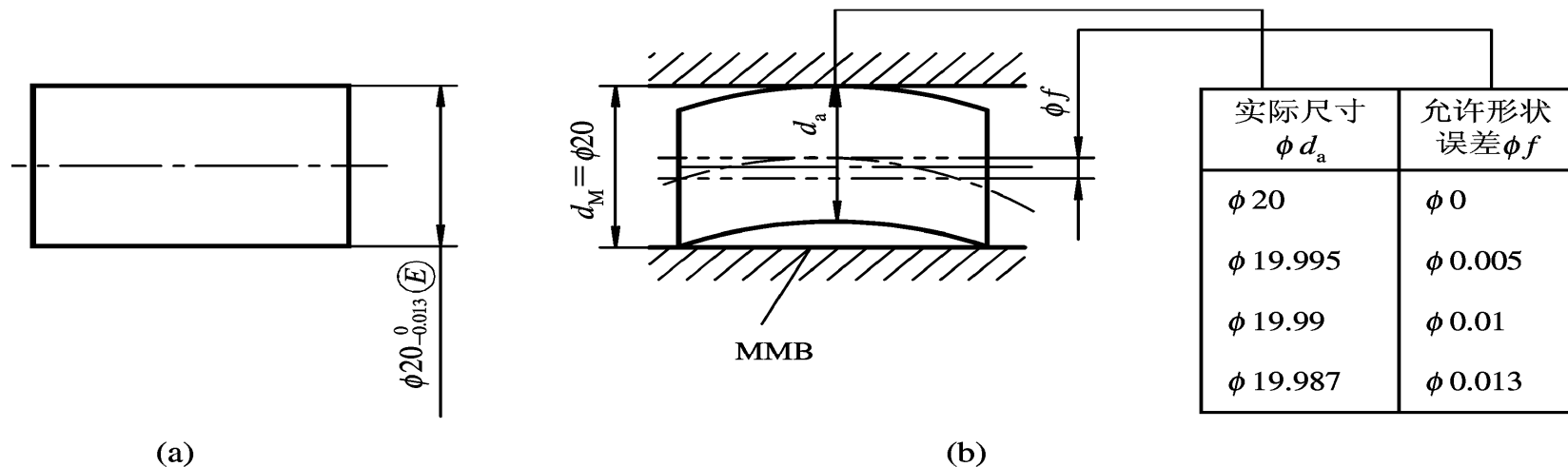
4.4、包容要求（动画演示）

◆ 包容要求即要求提取要素处于理想包容面内最大实体尺寸的一种公差，在公差后加注E符号表示。

如图所示，工件的直径为0.2的公差，如果外径尺寸做成19.8，满足公差要求，由于允许有包容要求，其中心线允许有0.2的直线度误差。

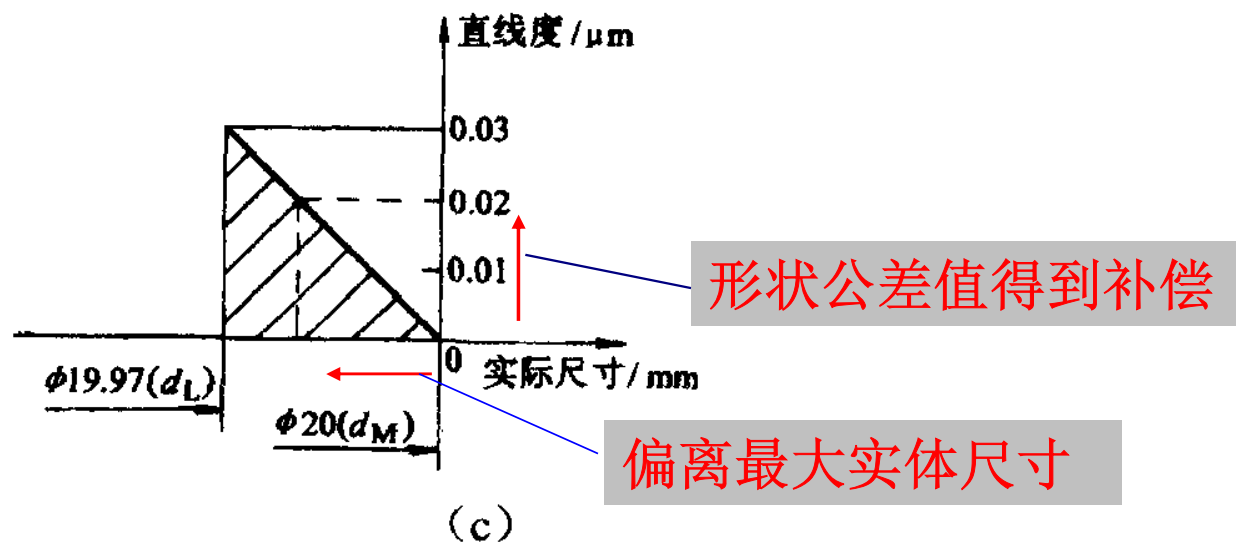
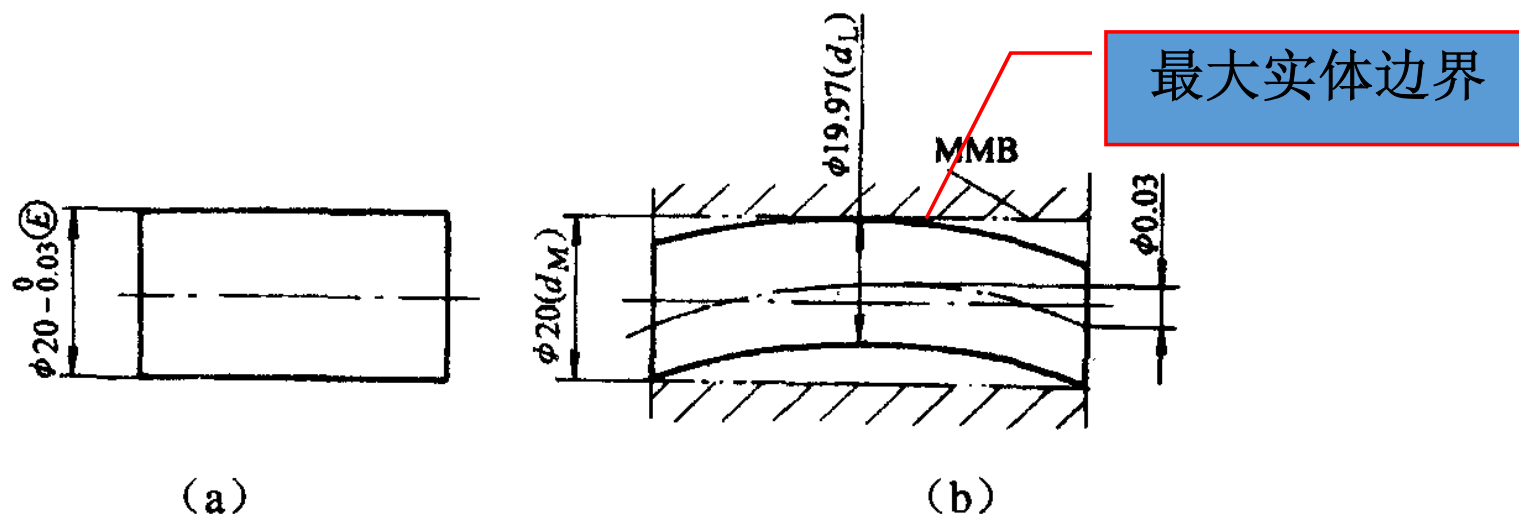
如果没有包容要求，中心线是不能有直线度误差的。这样可以在满足使用的前提下，大大提高合格率。





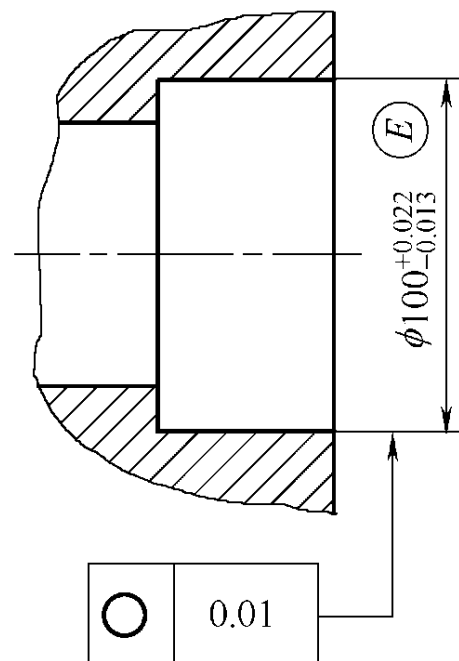
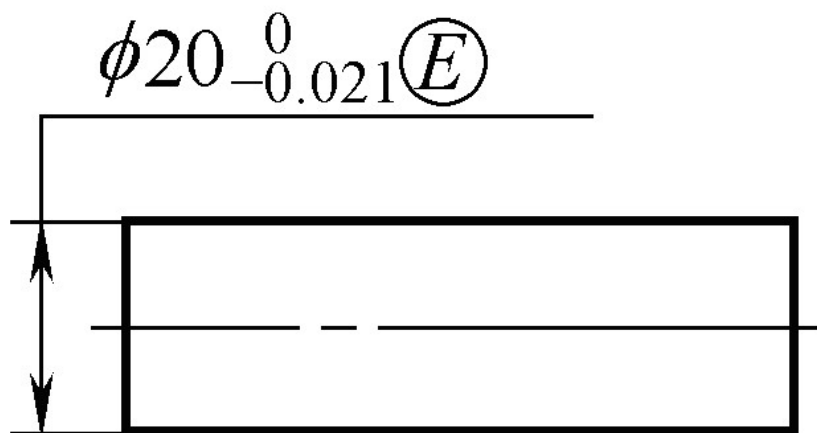
图中采用包容要求， 实际轴应满足下列要求：

- (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。



包容要求的识别与标注

- 按包容要求给出公差时，需在尺寸的上、下偏差后面或尺寸公差带代号后面加注符号 \textcircled{E} ；遵守包容要求而对形位公差需要进一步要求时，需另用公差框格注出形位公差，其值应小于尺寸公差。



包容要求的应用

- 包容要求适用于单一要素如圆柱表面或两平行表面。包容要求常用于有配合要求的场合。要素遵守包容要求时，应该用光滑极限量规检验。
- 采用包容要求时实际轮廓要素应遵守最大实体边界，作用尺寸不超出(对于孔指不小于，对于轴指不大于)最大实体尺寸。
- 按照此要求，如果实际要素达到最大实体状态，就不得有任何形位误差，只有在实际要素偏离最大实体状态时，才允许存在与偏离量相当的形位误差。

包容要求的应用

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。

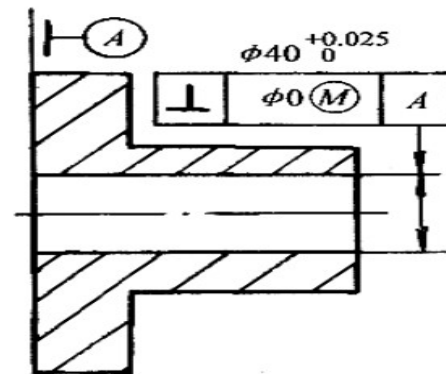
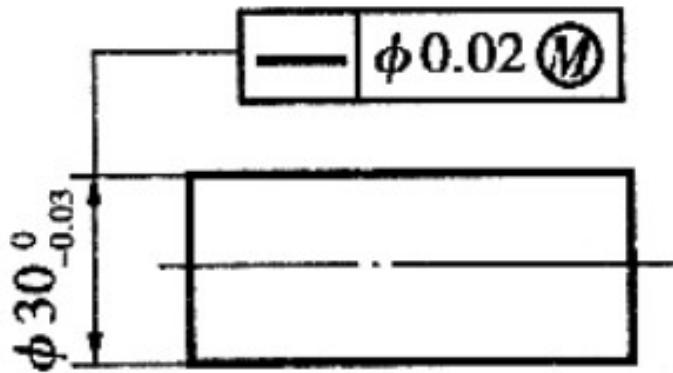
如回转轴的轴颈和滑动轴承，滑动套筒和孔，滑块和滑块槽的配合等。

包容要求小结

- 1) 实际要素的体外作用尺寸不得超出最大实体尺寸;
- 2) 当要素的实际尺寸处处为最大实体尺寸时, 不允许存在任何形状误差;
- 3) 当实际尺寸偏离最大实体尺寸时, 其偏离量可以补偿给形状误差;
- 4) 局部实际尺寸不得超出最小实体尺寸。

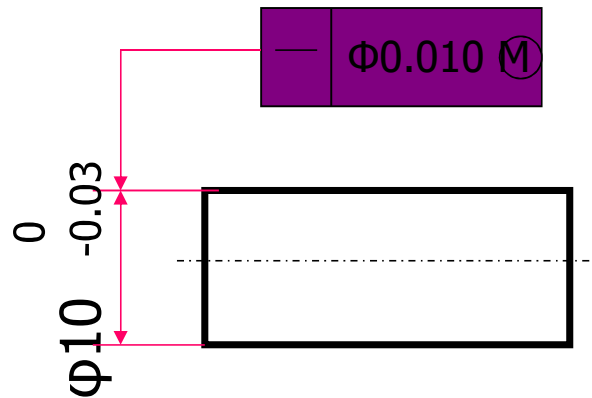
4.5 最大实体要求

- 定义：
 - 确定尺寸公差补偿给相应要素的形位公差，且实际轮廓遵守**最大实体实效边界**的要求。
 - 当其实体尺寸偏离最大实体尺寸时，允许其形位误差值超出其给出的公差值。
- 标注：应用于被测要素时，在被测要素形位公差框格中的公差值后标注符号“M”；



最大实体要求实质

实际尺寸偏离了MMVS（最大实体实效尺寸），则形位误差值允许得到补偿。



$$\text{MMVS} = \text{MMS} \pm t_{\text{形位}}$$

$$\text{MMS} = \phi 10$$

实际尺寸

$\phi 10$

$\phi 9.99$

$\phi 9.98$

$\phi 9.97$

尺寸

“—”误差允许值

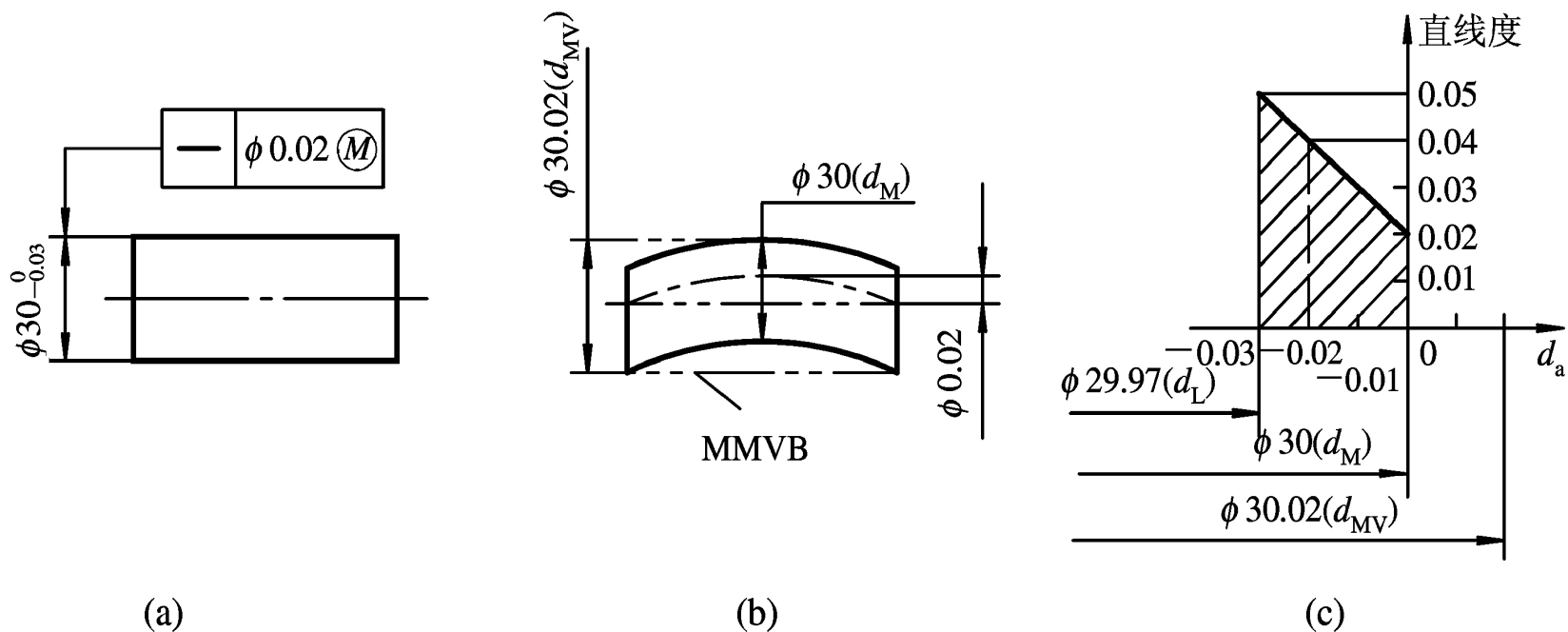
$\phi 0.01$

$\phi 0.02$

$\phi 0.03$

$\phi 0.04$

补偿给 形位

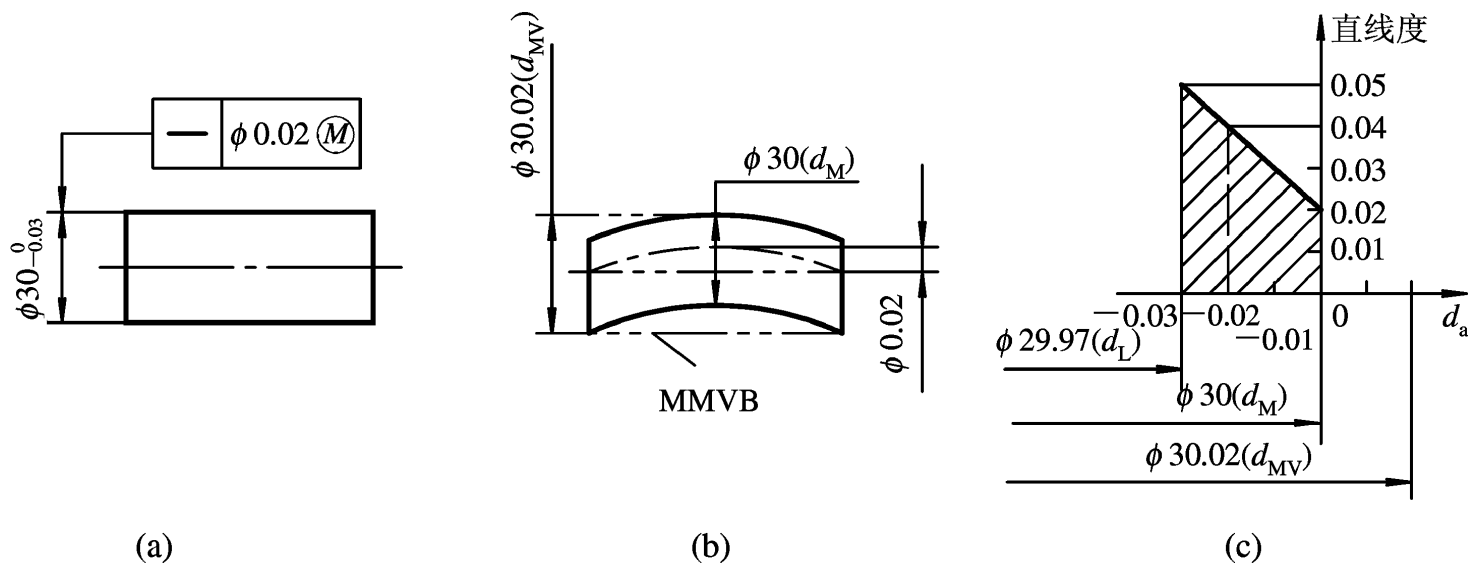


最大实体要求示例

图 (a) 表示轴 $\phi 30_{-0.03}^0$ 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。



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) 实际轮廓不超出最大实体实效边界，最大实体实效尺寸为

$$d_{MV} = d_M + t = 30 + 0.02 = 30.02$$

- (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

$$0.02 + 0.03 = 0.05$$

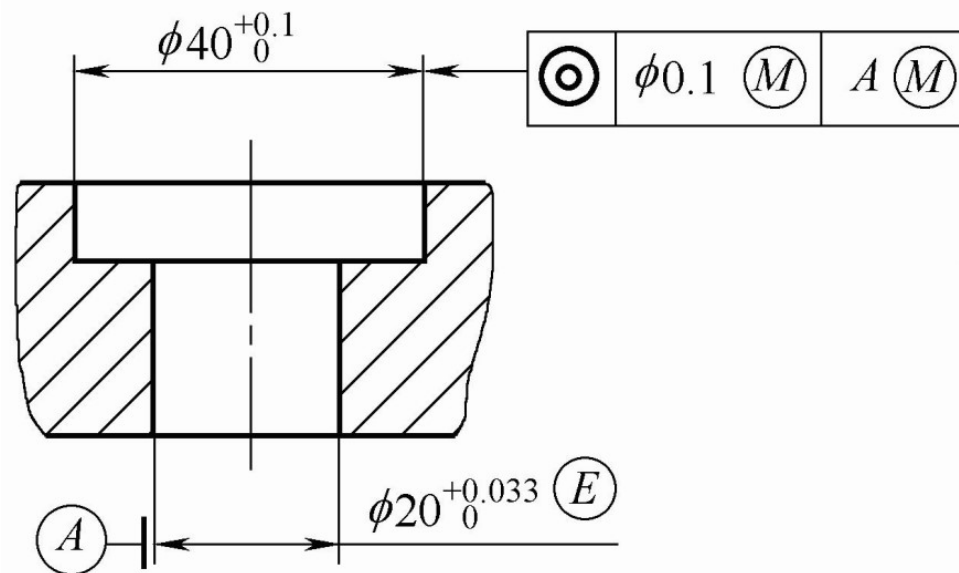
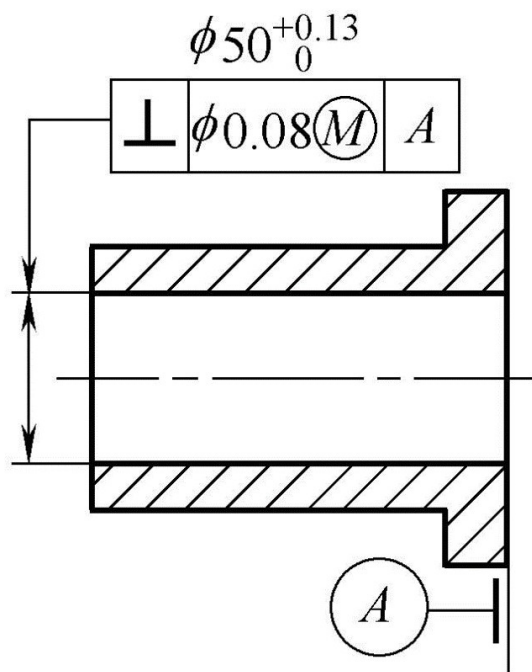
最大实体要求的应用

- 应用：适用于中心要素。主要用于只要求可装配性的零件，能充分利用图样上给出的公差，提高零件的合格率。
- 边界：最大实体实效边界。
- 最大实体实效尺寸： $MV=M\pm t$

t—被测要素的形位公差，“+”号用于轴，“-”号用于孔。

最大实体要求的标注

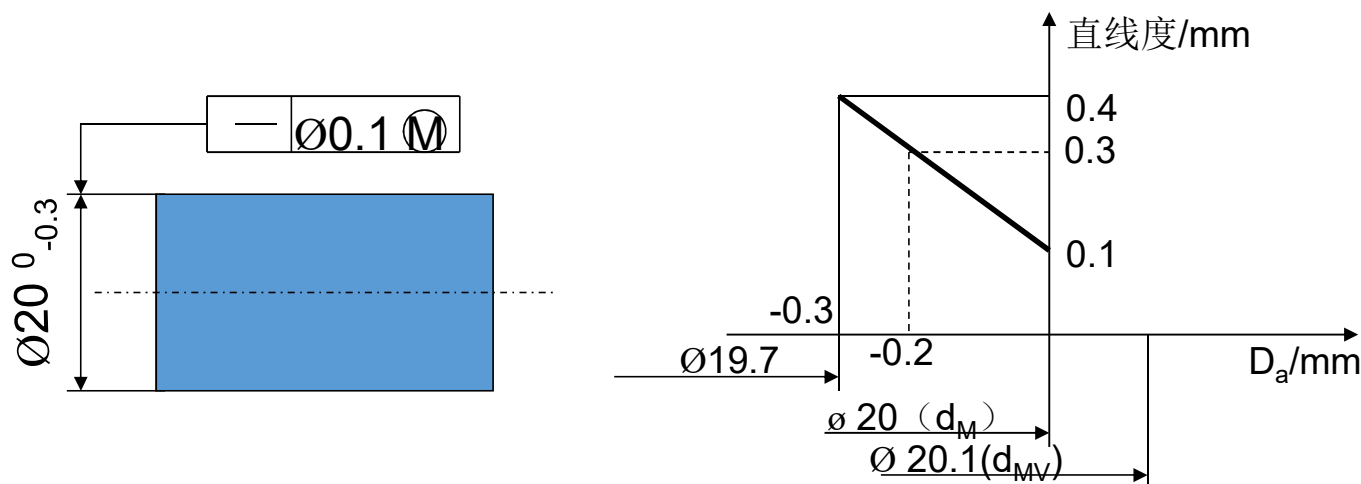
按最大实体要求给出形位公差值时，在公差框格中形位公差值后面加注符号 \textcircled{M} ；最大实体要求用于基准要素时，在公差框格中的基准字母后面加注符号 \textcircled{M} 。



最大实体要求应用举例（一）

如图所示，该轴应满足下列要求：

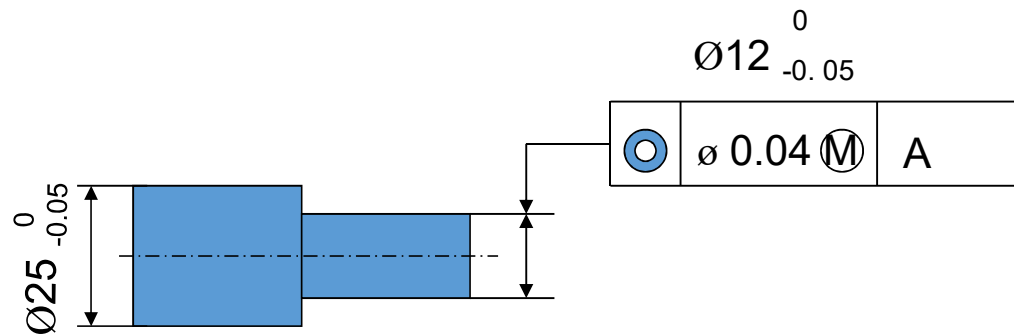
- 实际尺寸在 $\varnothing 19.7\text{mm} \sim \varnothing 20\text{mm}$ 之内；
- 实际轮廓不超出最大实体实效边界，即其体外作用尺寸不大于最大实体实效尺寸
 $d_{MV} = d_M + t = 20 + 0.1 = 20.1\text{mm}$
- 当该轴处于最小实体状态时，其轴线直线度误差允许达到最大值，即等于图样给出的直线度公差值（ $\varnothing 0.1\text{mm}$ ）与轴的尺寸公差（ 0.3mm ）之和 $\varnothing 0.4\text{mm}$ 。



最大实体要求应用实例（二）

如图所示，被测轴应满足下列要求：

- 实际尺寸在 $\varnothing 11.95\text{mm} \sim \varnothing 12\text{mm}$ 之内；
- 实际轮廓不得超出关联最大实体实效边界，即关联体外作用尺寸不大于关联最大实体实效尺寸 $d_{MV} = d_M + t = 12 + 0.04 = 12.04\text{mm}$
- 当被测轴处在最小实体状态时，其轴线对A基准轴线的同轴度误差允许达到最大值，即等于图样给出的同轴度公差（ $\varnothing 0.04$ ）与轴的尺寸公差（ 0.05 ）之和（ $\varnothing 0.09$ ）。



最大实体要求的零件合格条件

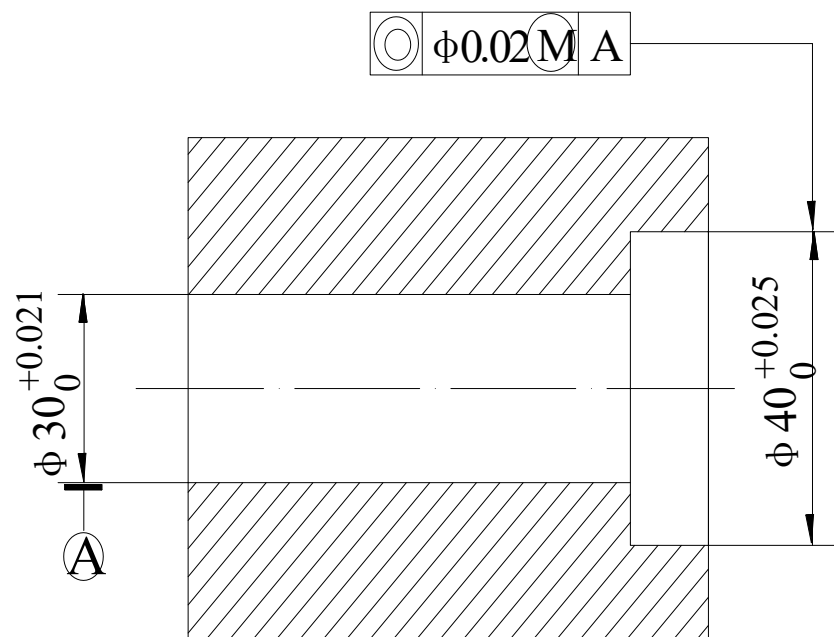
孔或轴的体外作用尺寸不允许超过最大实体实效尺寸，
局部实际尺寸不超出极限尺寸。即

$$\begin{aligned} D_{fe} &\geq D_{MV} & D_{\max} &\geq D_a \geq D_{\min} \\ d_{fe} &\leq d_{MV} & d_{\max} &\geq d_a \geq d_{\min} \end{aligned}$$

最大实体要求的应用场合

- 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。常用于零件精度低（尺寸精度、形位精度较低），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。
- 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。

例题



- 指出被测要素遵守的公差原则；
 - 最大实体要求
- 给出被测要素遵守的边界名称；
 - 最大实体实效尺寸
- 计算被测要素遵守的边界尺寸；
 - $$D_{MV} = D_M - t$$

$$= 40 - 0.02$$

$$= 39.98$$

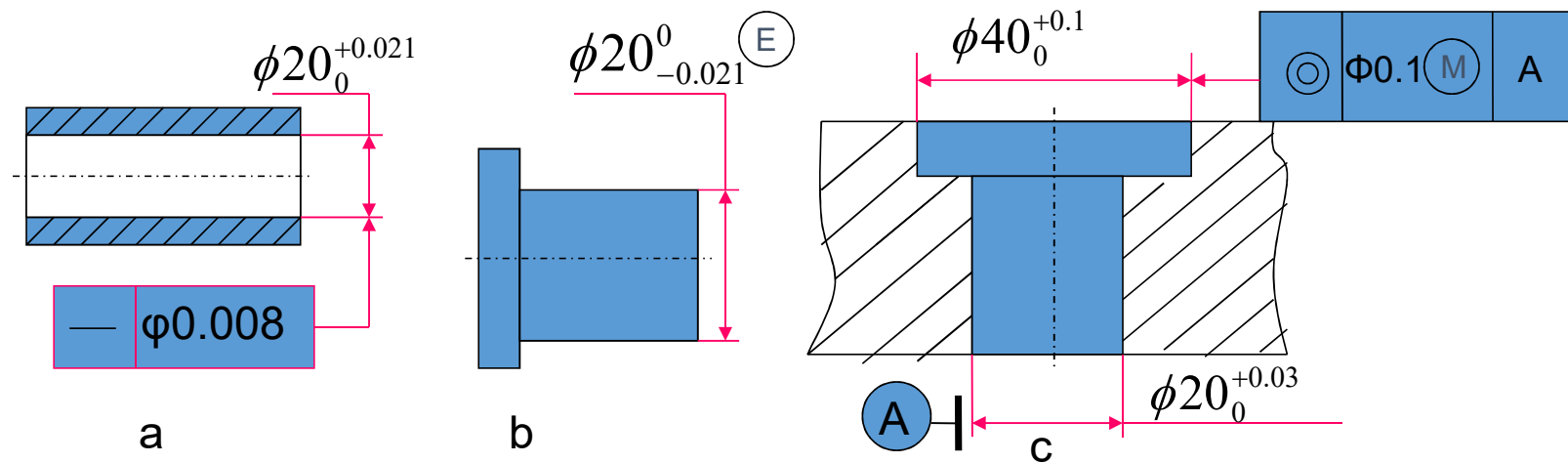
最大实体要求的特点小结

- 1) 被测要素遵守最大实体实效边界，即体外作用尺寸**不超出(对孔不小于，对轴不大于)**最大实体实效尺寸；
- 2) 当要素的局部实际尺寸处处为最大实体尺寸时，允许的形位误差为图样给定的形位公差值；
- 3) 当实际尺寸偏离最大实体尺寸时，其偏离量可以补偿给形状误差，允许的形位误差为图样上给定的形位公差值与偏离量之和；
- 4) 实际尺寸必须在最大实体尺寸和最小实体尺寸之间变化。

包容要求与最大实体要求区别

	包容要求		最大实体要求	
公差原则含义	轴 { $d_m \leq d_{MMS} = d_{max}$ $d_a \geq d_{LMS} = d_{min}$ 孔 { $D_m \geq D_{MMS} = D_{min}$ $D_a \leq D_{LMS} = D_{max}$ 边界尺寸为最大实体尺寸 MMS(d_{max}, D_{min})		轴 { $d_m \leq d_{MMVS} = d_{MMS} + t_{形位}$ $d_{min} \leq d_a \leq d_{max}$ 孔 { $D_m \geq D_{MMVS} = D_{MMS} - t_{形位}$ $D_{min} \leq D_a \leq D_{max}$ 边界尺寸为最大实体实效尺寸 MMVS = MMS \pm t	
标注	单一要素	在尺寸公差带后加注 E	用于被测要素时	在形位公差框格第二格公差值后加 M
主要用途	用于保证配合性质		用于保证零件的互换性	

例题分析



图例	采用公差原则	边界及边界尺寸mm	给定的形位公差mm	可能允许的最大形位误差值mm
a	独立原则	极限尺寸边界 20~20.021	0.008	0.008
b	包容要求	最大实体边界 20	0	0.021
c	最大实体要求	最大实体实效边界 39.9	0.1	0.2

4.6、公差原则的选择

- 应根据被测要素的功能要求，充分发挥公差的职能和采取该公差原则的可行性、经济性。
- **独立原则**用于尺寸精度与形位精度精度要求相差较大，需分别满足要求，或两者无联系，保证运动精度、密封性，未注公差等场合。
- **包容要求**主要用于需要严格保证配合性质的场合。
- **最大实体要求**用于中心要素，一般用于相配件要求为可装配性（无配合性质要求）的场合。

公差原则的选择

1. 独立原则

尺寸精度与几何精度需
要分别满足要求

2. 包容要求

保证国标规定的
的配合性质

3. 最大实体要求。

保证可装配性