

互换性与测量技术

第3章 几何公差及其检测



第 3 章 章节内容

- 3.1 几何公差概述
- 3.2 几何公差及其检测
- 3.3 公差原则
- 3.4 几何公差的选择

3.1 几何公差概述

图样上给出的零件是没有误差的理想几何体，但是，由于在加工过程中机床、夹具、刀具和工件所组成的工艺系统本身存在各种误差，以及加工过程中出现受力变形、振动、磨损等各种干扰，致使加工后的零件的实际形状和相互位置，与理想几何体的规定形状和线、面相互位置存在差异，这种形状上的差异就是**形状误差**，而相互位置的差异就是**位置误差**，统称为形位误差。

零件的形位误差对零件使用性能的影响可归纳为以下几个方面。

1. 影响零件的功能要求。
2. 影响零件的配合性质。
3. 影响零件的自由装配性。

设计零件时必须根据零件的功能要求和考虑制造时的经济性，对其形位误差加以必要和合理的限制，即合理确定零件的形位公差。

3.1.1 几何公差的研究对象

形位公差研究的对象即几何要素。任何机械零件都是由点、线、面组合而成的，构成零件特征的点、线或面统称为几何要素，简称要素。

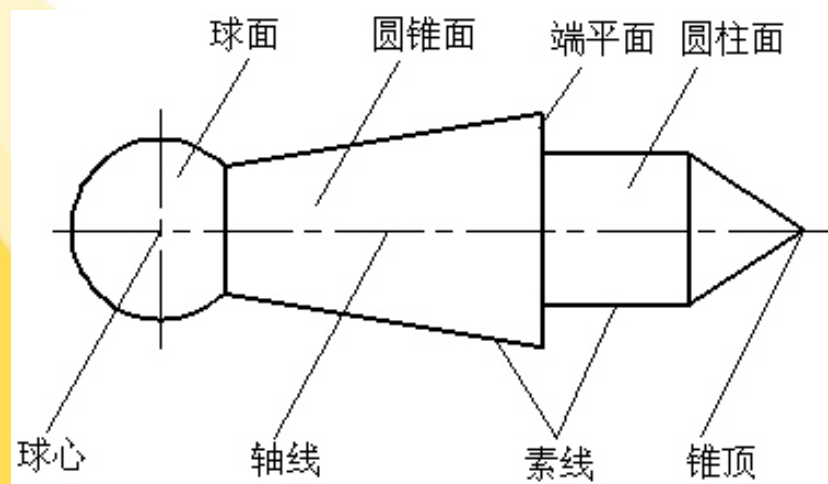


图 3-1 零件的几何要素

1. 按存在状态可分为实际要素和理想要素。

- (1) 实际要素 零件上实际存在的要素。通常用测量得到的要素来代替实际要素。
- (2) 理想要素 具有几何学意义的要素，它们不存在任何误差。图样上表示的要素均为理想要素。

2. 按结构特征可分为轮廓要素和中心要素。

- (1) 轮廓要素 构成零件外形的点、线、面各要素。
- (2) 中心要素 指零件上球面的中心点，圆柱面、圆锥面的轴线，槽面的中心平面等。

3. 按要素在形位公差中所处的地位可分为被测要素和基准要素。

(1) 被测要素 图样上给出了形位公差要求的要素，是被检测的对象。

4. 按被测要素的功能关系可分为单一要素和关联要素。

(1) 单一要素 仅对要素本身提出功能要求，而给出形状公差的要素。

(2) 关联要素 指与其它要素有功能关系并给出位置公差要求的要素。

2.1.2 几何公差的项目和符号

1. 特征项目及符号

根据国家标准 GB/T1182—1996 《形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示方法》的规定，形位公差的特征项目共有 14 个。各项目名称及符号见表 3-1

表 3-1 公差特征项目和符号

公 差		特 征	符 号	有或无基准 要求	公 差		特 征	符 号	有或无基准 要求
形 状	形状	直线度		无	位 置	定向	平行度		有
		平面度					垂直度		
		圆 度					倾斜度		
		圆柱度				定位	位置度		有或无
形状 或 位置	轮廓	线轮廓度		有					
		面轮廓度							
							同轴度		有
					对称度				
					跳动	圆跳动			
						全跳动			

2. 几何公差带

形位公差带具有形状、大小、方向和位置四个特征。这四个特征会在图样标注中体现出来。

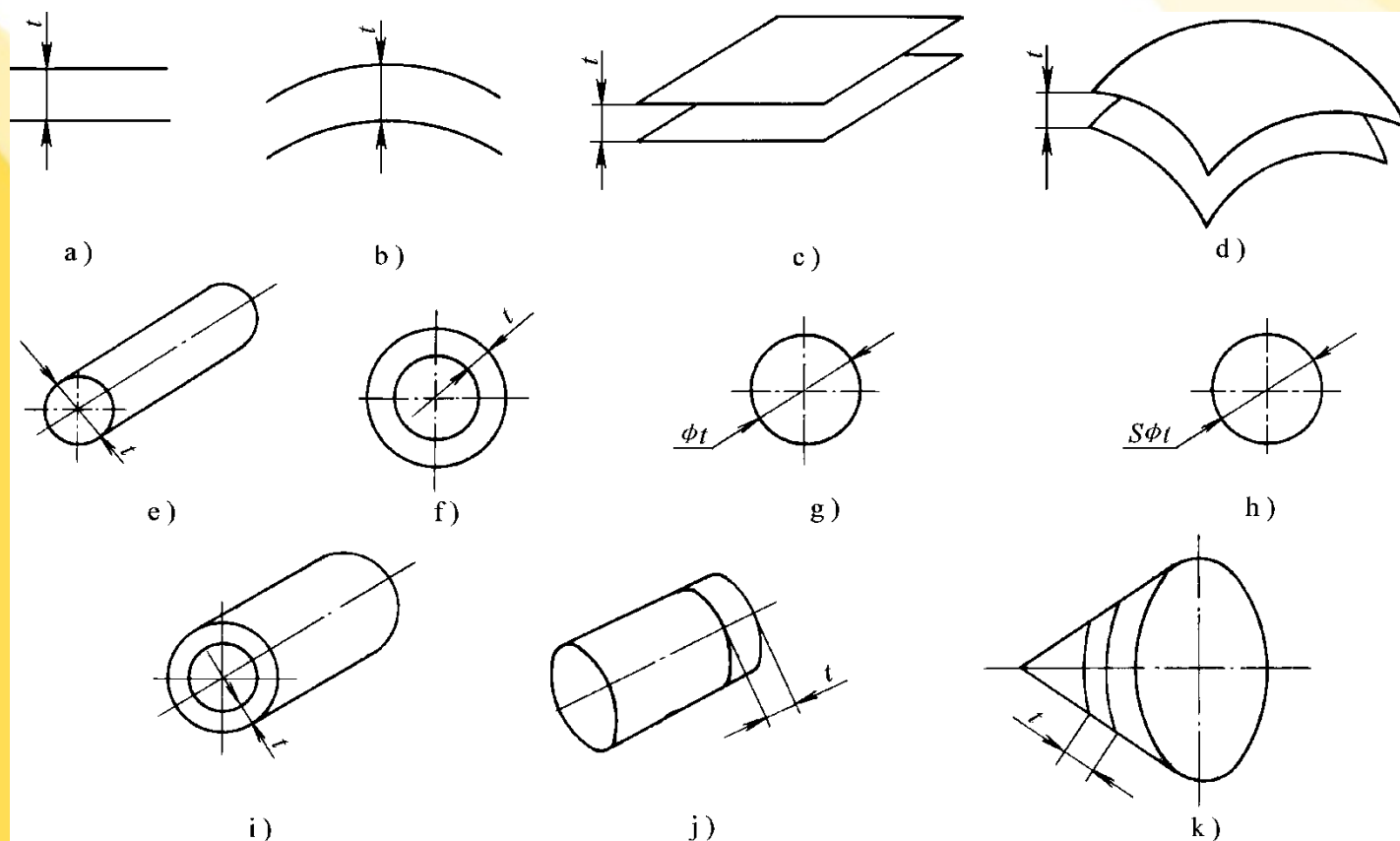


图 3-2 几何公差带的形状

(1) 形状 公差带的形状由被测要素的理想形状和给定的公差特征项目所确定。常见的形位公差带形状如图 3-2 所示。

(2) 大小 公差带的大小由公差值 t 确定，指公差带的宽度或直径。如果公差带是圆形或圆柱形的，则在公差值前加注 ϕ ，如果是球形，则加注 $S\phi$ 。

(3) 方向 公差带的宽度方向就是给定的方向或垂直于被测要素的方向。

(4) 位置 是指公差带位置是固定的还是浮动的。

3.1.3 几何公差的标注

1. 区分被测（基准）要素是轮廓要素还是中心要素

当被测（基准）要素为中心要素时，指引线的箭头（基准符号的连线）应与尺寸线对齐，如图 3-5a 和图 3-5b 所示。

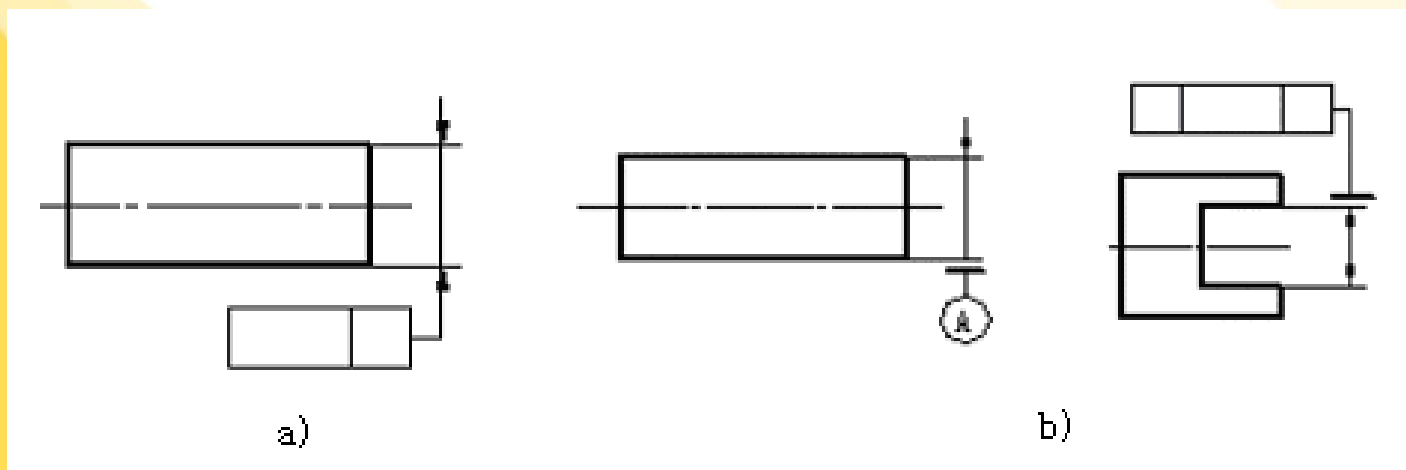


图 3-5 中心要素的注法

- a) 被测要素为中心要素时的注法 b) 基准要素为中心要素时的注法

当被测（基准）要素为轮廓要素时，箭头（基准符号）指向该轮廓要素或指向其引出线上，并应明显地与尺寸线错开，如图 3-6a 和图 3-6b 所示。

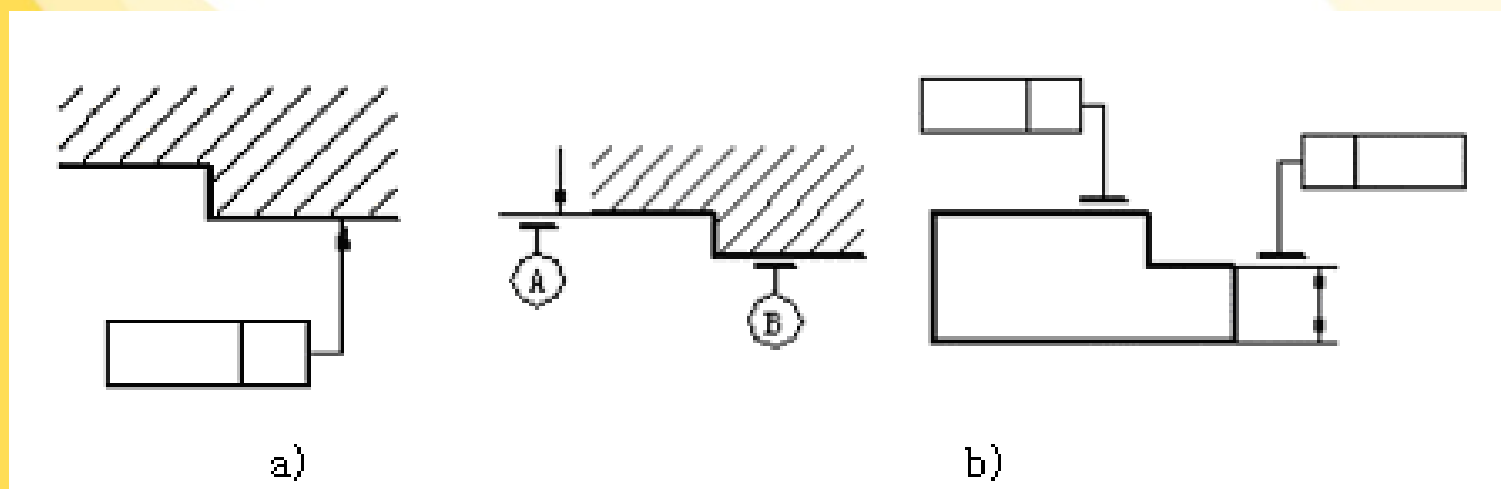


图 3-6 被测轮廓要素的注法

a) 被测要素为轮廓要素时的注法

b) 基准要素为轮廓要素时的注法

2. 区分指引线的箭头指向是公差带的宽度方向还是直径方向

指引线的箭头指向不同，框格中公差值标注也是有区别的。若指引线的箭头指向公差带的宽度方向，形位公差值框格中只标出数值；若指引线的箭头指向公差带的直径方向，形位公差框格中，在数值前加注“ Φ ”；若是公差带是球体，则在数值前加注“ $S\Phi$ ”。

3.2 几何公差及其检测

3.2.1 形状公差及检测

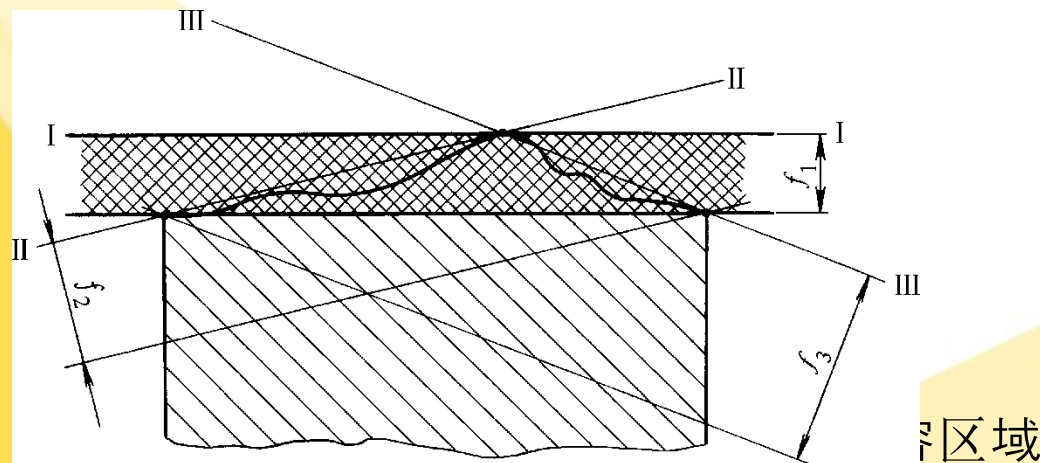
1. 形状误差和形状公差

形状误差是指被测实际要素的形状对其理想要素的变动量，或称偏离量。形状公差是为限制形状误差而设置的，除轮廓度项目有基准要求外，形状公差用于单一要素，故形状公差是单一要素的形状所允许的变动全量。形状误差值不大于相应的公差值，则认为合格。

2. 形状误差的评定准则—最小条件

被测实际要素与其理想要素进行比较时，理想要素相对于实际要素的位置不同，评定的形状误差值也不同。为了使评定结果唯一，国家标准规定，最小条件是评定形状误差的基本准则。所谓最小条件就是被测实际要素对其理想要素的最大变动量为最小。

以给定平面内的直线度为例来说明，如图 3-10 所示，被测要素的理想要素为直线，其位置有多种情况，如图中的 I、II、III 位置等，相应的包容区域的宽度为 f_1 、 f_2 、 f_3 ($f_1 < f_2 < f_3$)。根据最小条件的要求，I 位置时两平行直线之间的包容区域宽度最小，故取 f_1 为直线度误差。这种评定形状误差的方法称为最小区域法。

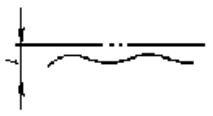
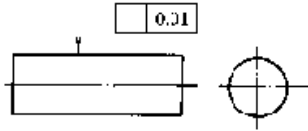
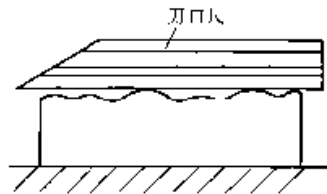
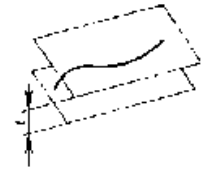
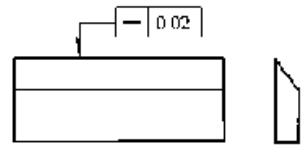
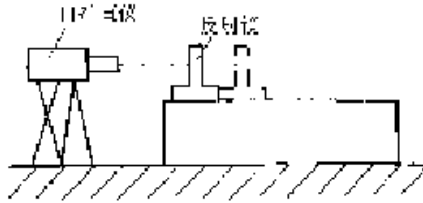


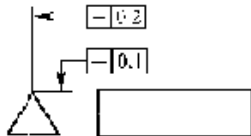
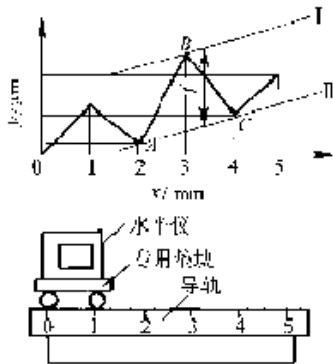
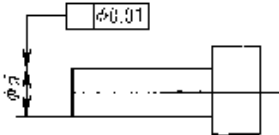
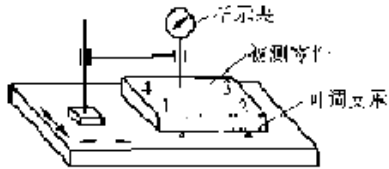
3. 形状公差带及检测方法

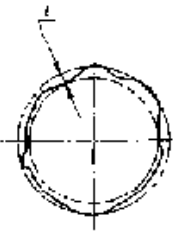
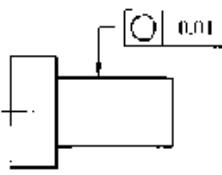
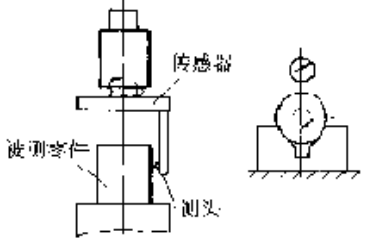
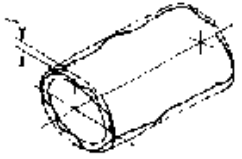
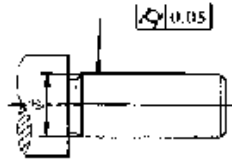
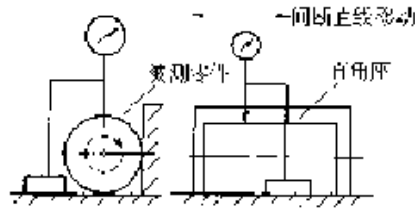
形状公差限制零件本身形状误差的大小，其中直线度、平面度、圆度和圆柱度四个项目为单一要素，属于形状公差。对于线轮廓度、面轮廓度中有基准要求的应看作位置公差，其余仍属形状公差。

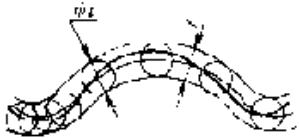
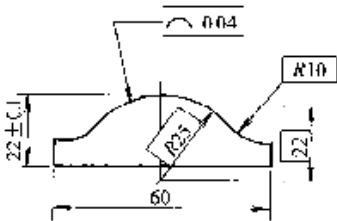
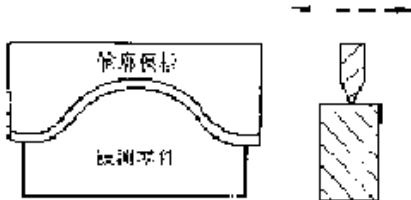
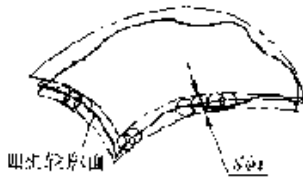
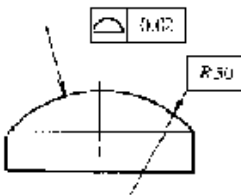
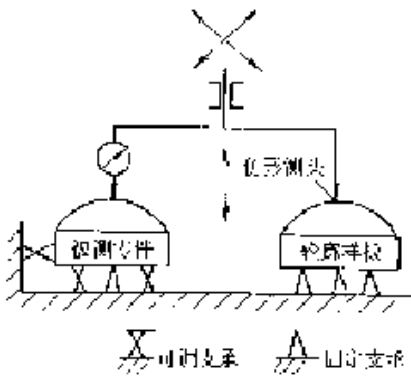
表 3-2 列出了部分形状公差的公差带定义、标注示例和解释。

表3-2 形状公差的公差带定义、标注示例及常用检测方法 (摘自 GB/T 1182—2008 GB/T 1958—2004)

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(一) 直 线 度	1. 在给定平面内  公差带是距离为公差值 t 的两平行直线之间的区域	 被测圆柱面与任一轴向截面的交线必须位于在该平面内距离为 0.01mm 的两平行直线区域内	1. 用刀口尺或平尺测量：刀口位置要符合最小条件，其间隙可用塞尺测量，或与标准光隙比较估读 
	2. 在给定的一个方向上  公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域	 被测棱线必须位于在给定的方向上 (箭头所指方向上) 距离为公差值 0.02mm 的两平行平面区域内	2. 用节距法测量：适用于用水平仪或自准直仪测量狭长表面如导轨等。如下图所示将水平仪放在专用垫块上，根据专用垫块将被测长度分为若干段，使专用垫块首尾相接，逐段测量。水平仪气泡移动的读数值表示被测轮廓线在一定长度内对水平线的高度误差值。将各段的高度误差值按比例绘在坐标纸上，横坐标表示分段距离，纵坐标表示被测轮廓线段的高度误差值，连接各点，绘出误差曲线，用最小区域法评定其直线度误差 

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(一) 直线度	3. 在给定互相垂直的两个方向上  公差带是在互相垂直的两个方向上距离分别为公差值 l_1 和 l_2 的两组平行平面之间的区域	 被测棱线必须位于在互相垂直的两个方向上距离分别为公差值 0.1mm 和 0.2mm 的两组平行平面之间的区域	下图中 f 为直线度误差。由于纵横坐标比例不同，误差曲线实际上是变了形的实际轮廓线，所以误差值 f 不能沿平行线垂直方向量取，一般沿纵坐标方向量 f，这与实际相差甚微 
	4. 在任意方向上  公差值前加注 ϕ，公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域	 被测 ϕd 轴的轴线必须位于直径为公差值 0.01mm 的圆柱面区域内	
(二) 平面度	 公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域	 被测表面必须位于距离为公差值 0.02mm 的两平行平面内	 一般平面可支承在平板上，调整支承使被测表面对角线二端点 1 与 3、2 与 4 分别等高，指示表最大与最小读数的差值近似地作为平面度误差，必要时可按最小条件求出其平面度误差。此外还可用水准仪、自准直仪、平面干涉等测量

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(二) 圆度	 公差带是在同一正截面上, 半径差为公差值 t 的两同心圆之间的区域	 被测圆柱面的任一正截面的圆周必须位于半径差为公差值 0.01mm 的两同心圆之间	 1. 用圆度仪测量: 测量时传感器的测头始终接触被测零件, 并绕其旋转一周, 在坐标纸上自动描绘出放大的实际轮廓 2. 采用近似测量方法。①两点法: 用千分尺等量出同一截面最大与最小直径, 其差的半值即为该截面的圆度误差, 取各截面中最大误差值作为该零件的圆度误差, 此法用于测量偶数棱工件。②三点法: 如上图所示, 被测零件转一周, 指示表最大与最小读数差的半值即为其圆度差, 此法适用于测量奇数棱工件
(四) 圆柱度	 公差带是半径差为公差值 t 的两同轴圆柱面之间的区域	 被测圆柱面必须位于半径差为公差值 0.05mm 的两同心圆柱面之间	 1. 用三坐标测量仪测量 2. 采用近似测量方法, 被测零件放在 V 形铁或直角座 (图示) 上测量

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(五) 线轮廓线	 公差带是包络一系列直径为公差值 t 的圆的两包络线之间的区域，诸圆的圆心应位于具有理论正确几何形状的线上。	 在平行于图样所示投影面的任一截面上，被测轮廓线必须位于包络一系列直径为公差值 0.04mm，且圆心位于由理论正确尺寸 $R25$ 所确定的几何形状线上的两包络线之间。	 一般用样板、投影仪检测。图示用样板测量，根据光隙大小估读，取最大间隙作为该零件的线轮廓度误差。此外还可以用坐标测量装置或仿形测量装置测量。
(六) 面轮廓度	 公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域，诸球的球心应位于具有理论正确几何形状的面。	 被测轮廓面必须位于包络一系列球的两包络面之间，诸球的直径为公差值 0.02mm，且球心位于由理论正确尺寸 $R50$ 所确定的几何形状的面。	 一般用截面轮廓样板检测，也可用在坐标测量装置或仿形测量装置（图示）测量。

3.2.2 位置公差及检测

1. 基准

位置误差是指关联被测实际要素的方向或位置对其理想要素的变动量。而理想要素的方向或位置由基准确定。

(1) 基准的种类 设计时，在图样上标出的基准通常分为三种，单一基准、组合基准或公共基准和基准体系。

- 1) 单一基准 由一个要素建立的基准称为单一基准。如图 3-11 所示。图中由一个平面要素建立基准，该基准就是基准平面 A。

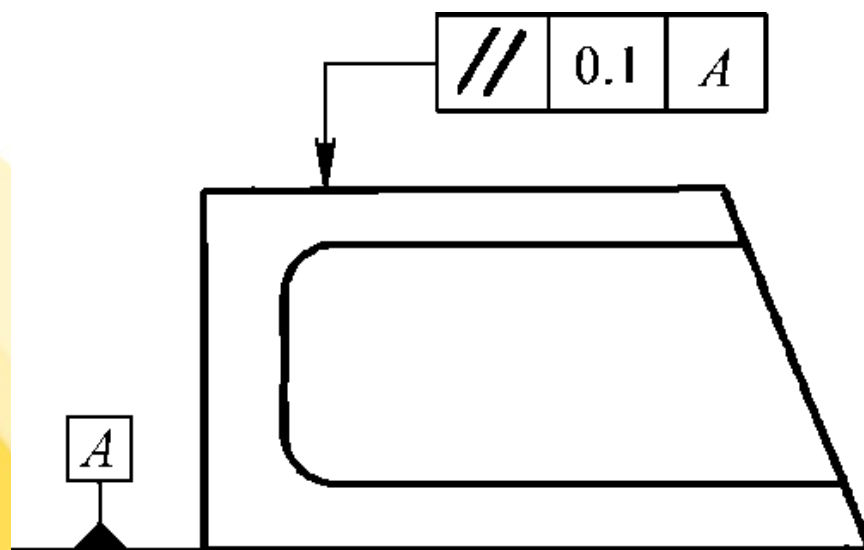


图 3-11 单一基准

2) 组合基准 (公共基准) 由两个或两个以上的要素建立的一个独立基准称为组合基准或公共基准。如图 3-12 所示。由两段轴线 A、 B 建立起公共基准轴线 A—B。在公差框格中标注时, 将各个基准字母用短横线相连起来写在同一格内, 以表示作为一个基准使用。

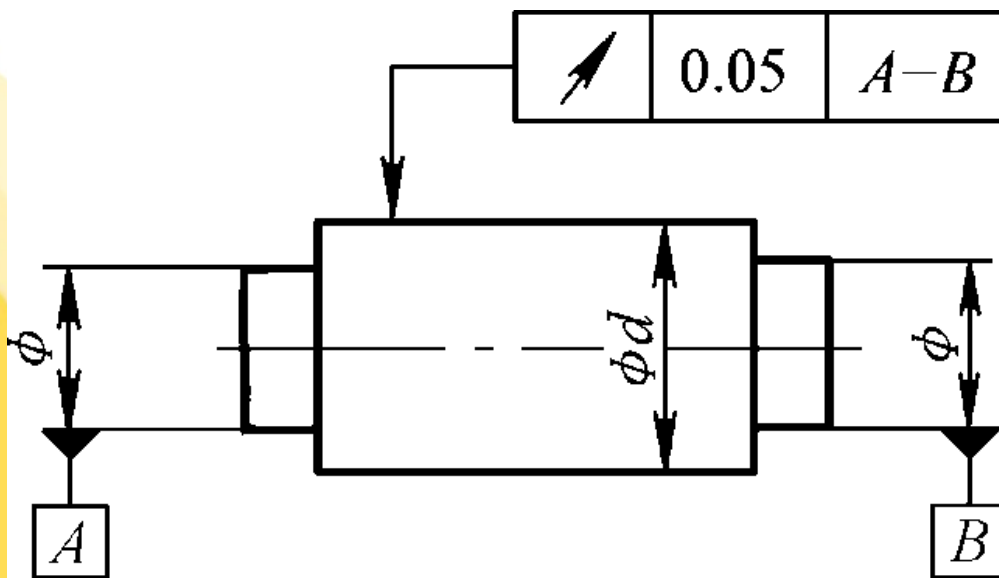


图 3-12 组合基准

3) 基准体系 (三基面体系) 由三个相互垂直的平面所构成的基准体系即三基面体系。如图 3-13 所示。应用三基面体系时, 应注意基准的标注顺序, 选最重要的或最大的平面作为第一基准 A, 选次要或较长的平面作为第二基准 B, 选不重要的平面作第三基准 C。

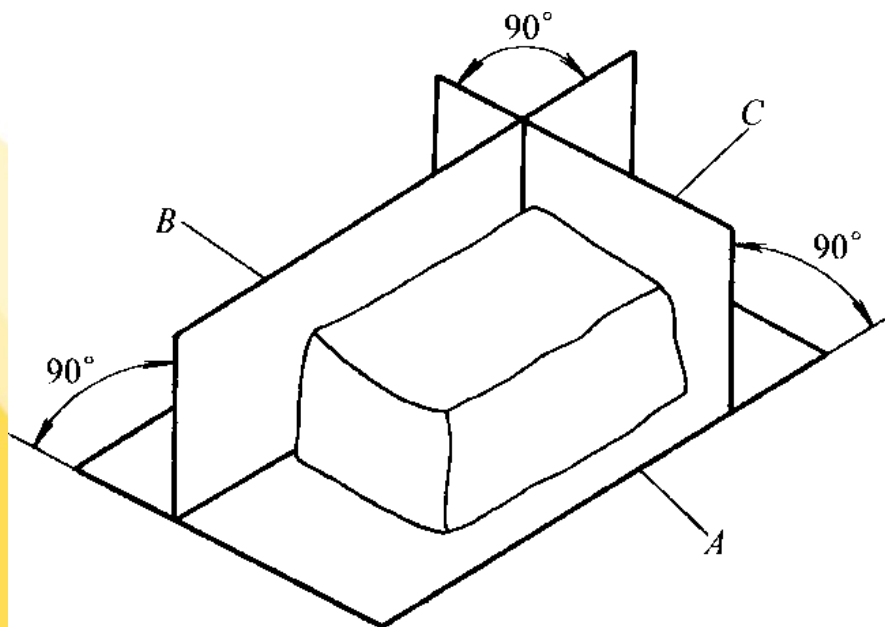


图 3-13 三基面体系

(2) 基准的建立和体现 评定位置误差的基准应是理想的基准要素。但基准要素本身也是实际加工出来的，也存在形状误差。因此，基准应该由基准实际要素根据最小条件（或最小区域法）来建立。在实际检测中，基准的体现方法用得最广泛的是模拟法。

模拟法是用形状足够精确的表面模拟基准。例如以平板表面体现基准平面，如图 3-14 所示。以心轴表面体现基准孔的轴线，如图 3-15 所示

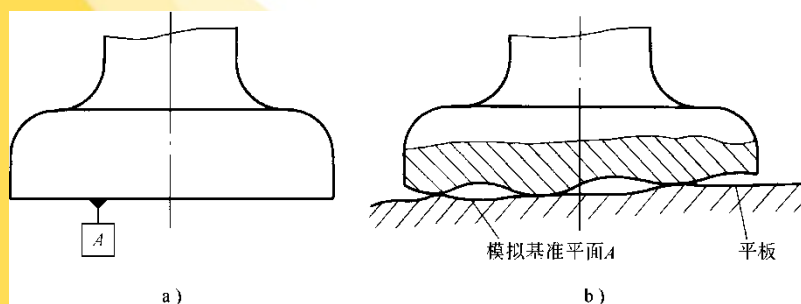


图 3-14 用平板模拟基准平面

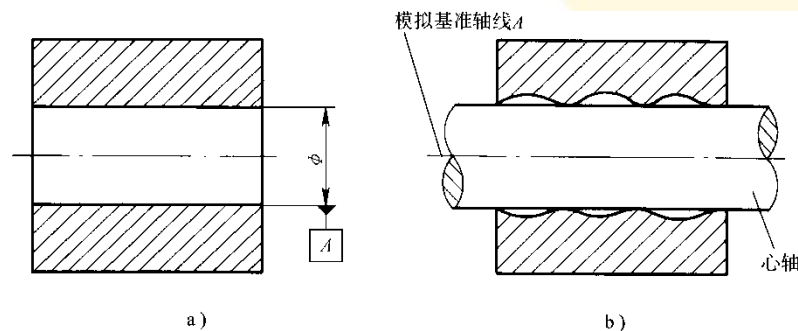


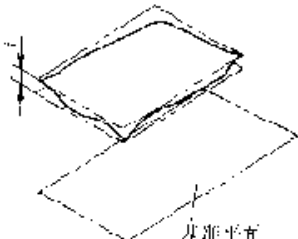
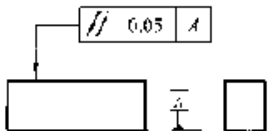
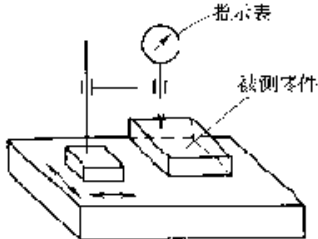
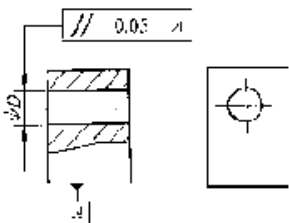
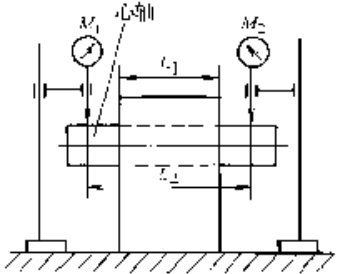
图 3-15 用心轴模拟基准孔

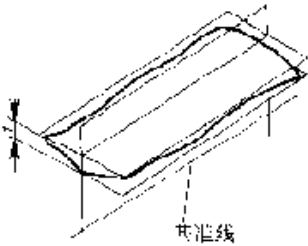
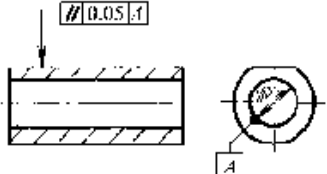
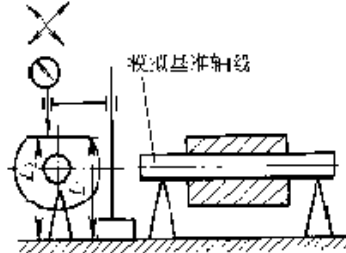
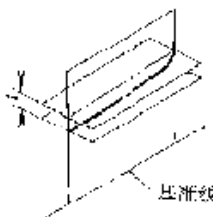
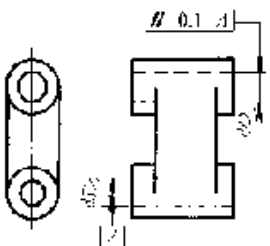
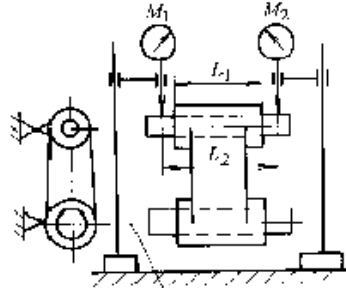
2. 位置公差带及检测方法

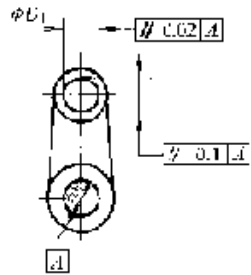
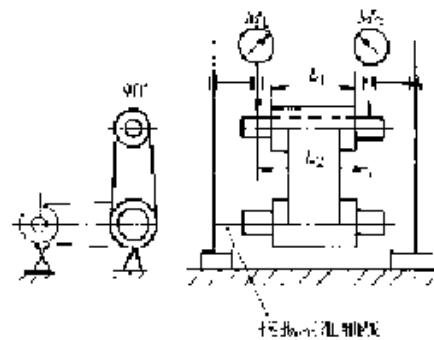
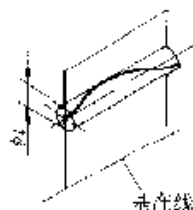
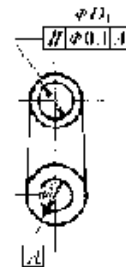
1. 定向公差与公差带 定向公差是关联实际要素对其具有确定方向的理想要素的允许变动量。理想要素的方向由基准及理论正确尺寸(角度)确定。当理论正确角度为 0° 时,称为平行度公差;为 90° 时,称为垂直度公差;为其他任意角度时,称为倾斜度公差。这三项公差都有面对面、线对线、面对线和线对面这四种情况。

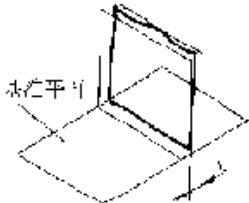
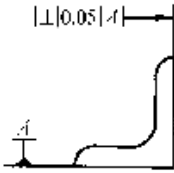
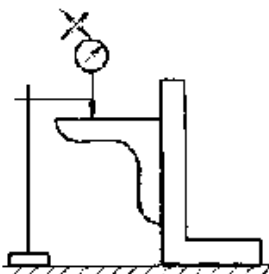
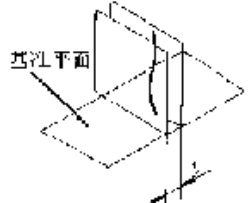
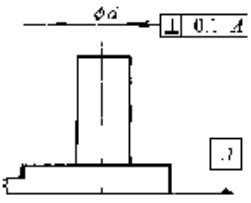
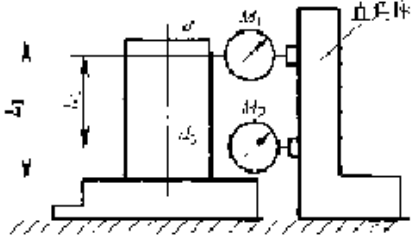
表 3-3 列出了部分定向公差的公差带定义、标注示例和解释。

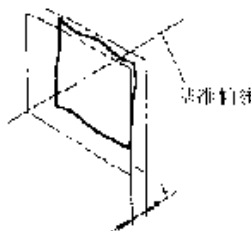
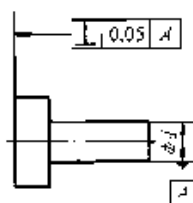
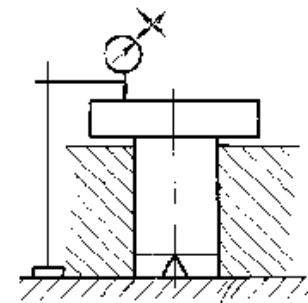
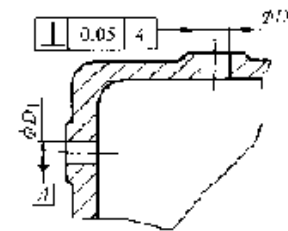
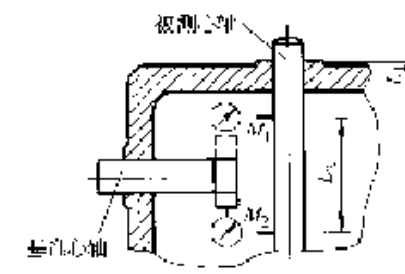
表3-3 位置公差的公差带定义、标注示例及常用检测方法 (摘自 GB/T 1182—2008、GB/T 1958—2004)

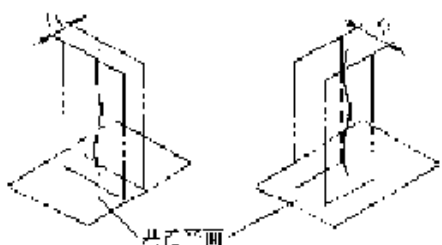
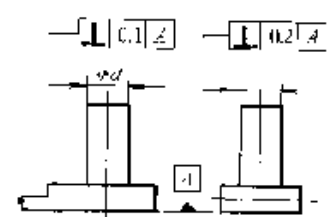
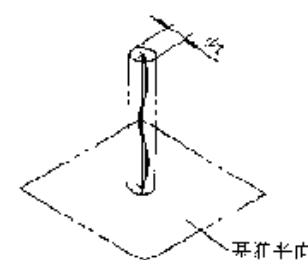
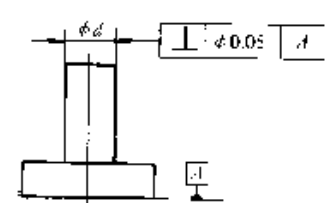
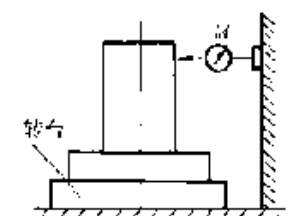
项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(一) 平行度	1. 在给定一个方向上 a. 面对面  公差带是距离为公差值 t，且平行于基准平面的两平行平面之间的区域	 被测表面(上表面)必须位于距离为公差值 0.05mm, 且平行于基准平面 A (底面) 的两平行平面之间	 将被测零件的基准表面放在平板上, 在被测表面范围内, 指示表最大与最小读数之差为平行度误差
	b. 线对面 同上	 被测 ϕD 孔的中心线必须位于距离为公差值 0.05mm, 且平行于基准平面 A (底面) 的两平行平面之间	 被测轴线由心轴模拟。在测量距离为 L_2 的两个位置上测得的读数分别为 M_1 和 M_2, 则平行度误差 f 为 $f = \frac{L_1}{L_2} M_1 - M_2 $ 式中 L_1——被测轴的长度

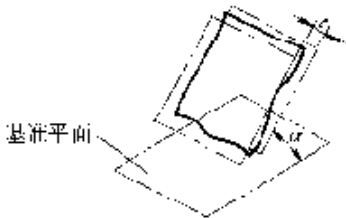
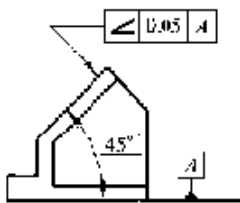
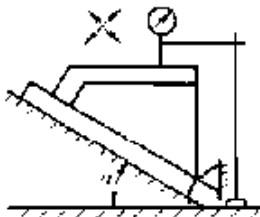
项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(一) 平行度	c. 面对线  公差带是距离为公差值 t，且平行于基准线的两平行平面之间的区域	 被测表面必须位于距离为公差值 0.05 mm，且平行于基准轴线 A 的两平行平面之间	 基准轴线由心轴模拟。将被测零件放在等高支承上，并转动零件，使 $L_1 = L_2$，然后测量整个表面，指示表的最大与最小读数之差作为该零件的平行度误差
	d. 线对线  公差带是距离为公差值 t，且平行于基准线，并位于给定方向上的两平行平面之间的区域	 被测 ϕD_1 孔的中心线必须位于距离为公差值 0.1 mm，且在给定方向（垂直方向）上平行于基准轴线 A 的两平行平面之间	 基准轴线和被测轴线均由心轴模拟。将被测零件放在等高支承上，在测量距离为 L_2 的两个位置上测得的读数分别为 M_1 和 M_2。则平行度误差 f 为 $f = \frac{L_1}{L_2} M_1 - M_2 $ 式中 L_1—被测轴线的长度

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(一) 平行度	2. 在给定互相垂直的两个方向上  公差带是在互相垂直的两个方向上距离分别为公差值 t_1 和 t_2、且平行于基准线的两组平行平面之间的区域	 被测 ϕD_1 轴线必须位于在垂直和水平方向上, 距离分别为公差值 0.1mm 和 0.2mm、且平行于基准轴线 A 的两组平行平面区域内	 按上述方法分别测出轴线在垂直方向上和水平方向上的平行度误差 $f_{垂直}$ 和 $f_{水平}$
	3. 在任意方向上  公差值前加注 ϕ, 公差带是直径为公差值 t、且平行于基准轴线的圆柱面内的区域	 被测 ϕD_1 轴线必须位于直径为公差值 0.1mm、且平行于基准轴线 A 的圆柱面内	按上述方法分别测出 $f_{垂直}$ 和 $f_{水平}$, 则被测轴线在任意方向上的平行度误差 f 为 $f = \sqrt{f_{垂直}^2 + f_{水平}^2}$

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(二) 垂直度	1. 在给定一个方向上 a. 面对面  公差带是距离为公差值 t，且垂直于基准平面的两平行面之间的区域	 被测表面（右侧面）必须位于距离为公差值 0.05mm，且垂直于基准平面 A（底面）的两平行面之间	 将被测零件的基准面固定在直角座上。同时调整靠近基准的被测表面的读数差为最小值，取指示器在整个被测表面测得的最大与最小读数之差作为其垂直度误差
	b. 线对面  公差带是在给定方向上，距离为公差值 t，且垂直于基准平面的两平行平面之间的区域	 在给定方向上，被测 ϕd 轴线必须位于距离为公差值 0.1mm，且垂直于基准平面 A（底面）的两平行面之间	 在给定方向上测量距离为 L_2 的两个位置，测得 M_1 和 M_2 及相应的轴径 d_1 和 d_2 则在该方向上的垂直度误差 f 为 $f = \frac{L_1}{L_2} \left (M_1 - M_2) + \frac{d_1 - d_2}{2} \right $ 式中 L_1——为被测轴线的长度

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(二) 垂直度	c. 面对线  公差带是距离为公差值 t，且垂直于基准轴线的两平行平面之间的区域	 被测表面（左端面）必须位于距离为公差值 0.05mm，且垂直于基准线 A (ϕd 轴线) 的两平行面之间	 基准轴线由导向套筒模拟。将被测零件放在导向套筒内，然后测量整个被测表面，取最大读数差作为该零件的垂直度误差
	d. 线对线 同上	 被测 ϕD_2 孔的中心线必须位于距离为公差值 0.05mm，且垂直于基准线 A (ϕD_1 孔的中心线) 的两平行面之间	 基准轴线和被测轴线均由心轴模拟。转动基准心轴，在测量距离为 L_2 的两个位置上测得的数值分别为 M_1 和 M_2 垂直误差度 f 为 $f = \frac{L_1}{L_2} M_1 - M_2 $ 式中 L_1——被测轴线的长度

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(二) 垂 直 度	2. 在给定互相垂直的两个方向上  公差带是在互相垂直的两个方向上距离分别为公差值 t_1 和 t_2、且垂直于基准平面的两组平行平面之间的区域	 被测 ϕd 轴线必须位于在给定互相垂直的两个方向上、距离分别为公差值 0.1mm 和 0.2mm、且垂直于基准平面 A 的两组平行平面区域内	按在给定方向上线对面垂直度误差的测量方法，分别测出在互相垂直的两个方向上的垂直度误差
	3. 在任意方向上  公差值前加注 ϕ，公差带是直径为公差值 t、且垂直于基准平面的圆柱面内的区域	 被测 ϕd 轴线必须位于直径为公差值 0.05mm、且垂直于基准平面 A（底面）的圆柱面内	 除按上述方法测量外，还可在转台上测量。被测零件放置在转台上，并使被测轴线与转台的回转轴线对中（通常在被测轮廓要素的较低位置对中）。测量若干横截面内轮廓要素上各点的半径差，并记录在同一坐标图上，用图解法求出其垂直度误差

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(三) 倾斜度	 公差带是距离为公差值 t，且与基准面（线）成一给定角度 α 的两平行平面之间的区域	 被测表面（斜面）必须位于距离为公差值 0.05mm，且与基准平面 A（底面）成理论正确角度 45° 的两平行平面之间	 将被测零件放在定角座（或正弦尺）上，调整被测件，使整个被测表面的读数差为最小值。指示表的最大与最小读数之差作为其倾斜度误差

定向公差带具有如下特点：

① 定向公差带相对于基准有确定的方向，而其位置往往是浮动的。

② 定向公差带具有综合控制被测要素的方向和形状的功能。如平面的平行度公差，可以控制该平面的平面度和直线度误差；轴线的垂直度公差可以控制该轴线的直线度误差。在保证使用要求的前提下，对被测要素给出定向公差后，通常不再对该要素提出形状公差要求。

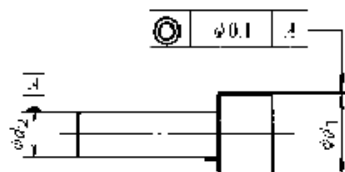
2. 定位公差与公差带 定位公差是关联实际要素对其具有确定位置的理想要素的允许变动量。理想要素的位置由基准及理论正确尺寸(长度或角度)确定。当理论正确尺寸为零,且基准要素和被测要素均为轴线时,称为同轴度公差;当理论正确尺寸为零,基准要素或被测要素为其他中心要素(中心平面)时,称为对称度公差;在其他情况下均称为位置度公差。

表3-4 列出了部分定位公差的公差带定义、标注和解释示例。

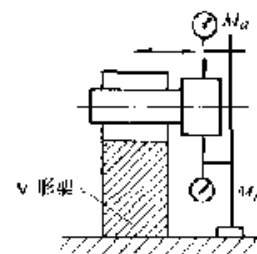
(四) 同轴度



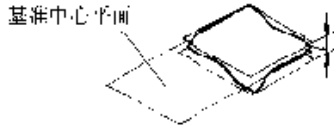
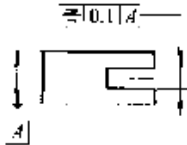
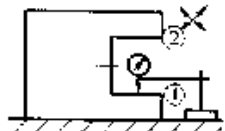
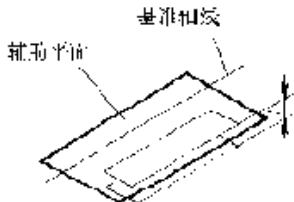
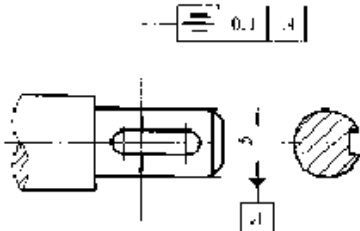
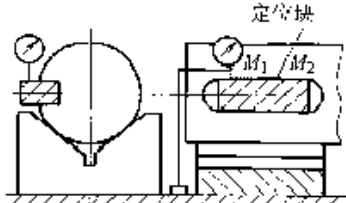
公差值前加注 ϕ ，公差带是直径为公差值 t ，且与基准轴线同轴的圆柱面内的区域

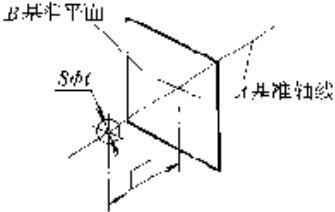
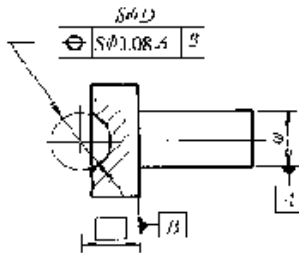
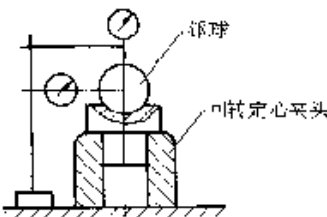
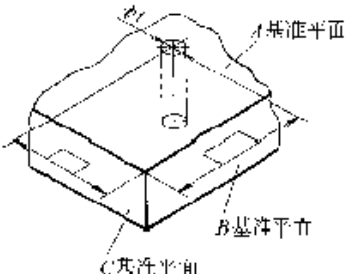
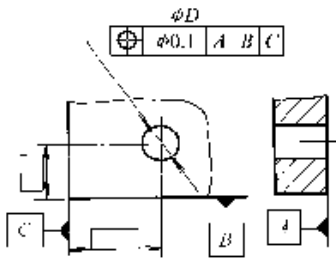
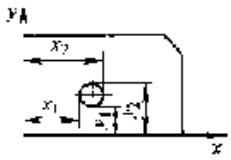


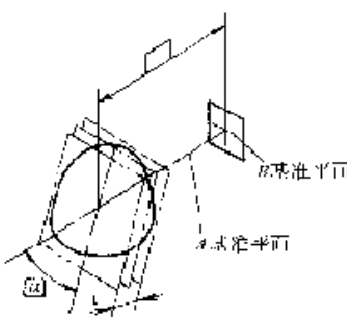
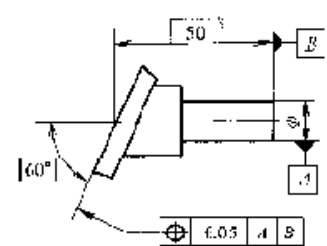
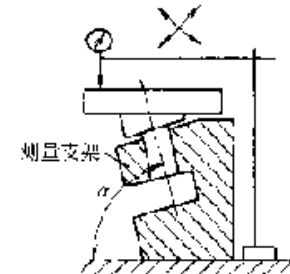
被测 ϕd_1 轴的轴线必须位于直径为公差值0.1mm，且与基准轴线A（ ϕd_2 轴的轴线）同轴的圆柱面内



基准轴线由V形架模拟。将两指示表分别在铅垂轴向截面调零。先在轴向截面上测量，各对应点的读数差值 $|M_a - M_b|$ 中最大值为该截面上的同轴度误差。然后，转动被测零件测量若干截面，取各截面测得的读数差中最大值（绝对值）作为该零件的同轴度误差，此法适用于测量形状误差较小的零件。此外，还可用圆度仪，三坐标测量仪按定义测量或用同轴度量规检测

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(五) 对称度	 公差带是距离为公差值<i>t</i>，且相对基准中心平面对称配置的两平行平面之间的区域	 被测槽的中心平面必须位于距离为公差值0.1mm，且相对基准中心平面<i>A</i>对称配置的两平行平面之间	 1. 测量被测表面与平板之间的距离 2. 将被测件翻转后，测量另一被测表面与平板之间的距离。取测量截面内对应两侧点的最大差值作为对称度误差
	 公差带是距离为公差值<i>t</i>，且相对基准轴对称配置的两平面之间的区域	 被测键槽的中心平面必须位于距离为公差值0.1mm，且相对基准轴线<i>A</i>对称配置的两平行平面之间	 基准轴线由V形架模拟，被测中心平面由定位块模拟。先在定位块一端<i>M</i>₁处测量，调整被测件使定位块沿径向与平板平行，测量定位块至平板的距离，再将被测件旋转180°重复上述测量，得到指示表的一个读数差。同样，在定位块另一端<i>M</i>₂处测得另一个读数差。上述二个读数差中的较大值为<i>a</i>₁，较小值为<i>a</i>₂，则轴槽的对称度误差<i>f</i>为 $f = \frac{d(a_1 - a_2) + 2a_2h}{2(d - h)}$ 式中 <i>d</i>——轴的直径，<i>h</i>——键槽深度 <i>a</i>₁、<i>a</i>₂——测得的读数差，且 <i>a</i>₁ > <i>a</i>₂

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(六) 位置度	1. 点的位置度  公差值前加注 Sφ, 公差带是直径为公差值 t 的球内区域, 该球的球心位置由相对基准 A 和 B 的理论正确尺寸确定	 被测球的球心必须位于直径为公差值 0.08 mm 的球内, 该球的球心位于由相对基准 A 和 B 理论正确尺寸所确定的理想位置上	 装上标准零件, 并放置适当直径的钢球, 将指示表调零。然后换上被测零件, 以钢球球心模拟被测球面的中心。被测零件回转一周, 径向指示表最大读数差之半为径向误差 f_r, 垂直方向指示表最大读数为轴向误差 f_a, 被测点位置度误差 f 为 $f = 2 \sqrt{f_r^2 + f_a^2}$
	2. 线的位置度  公差值前加注 φ, 公差带是直径为公差值 t 的圆柱内区域, 该圆柱轴线的位置由相对于三基面体系的理论正确尺寸确定	 被测 φD 孔的中心线必须位于直径为公差值 0.1 mm 的圆柱内, 该圆柱的轴线位置由基准 A、B、C 的理论正确尺寸确定	 按基准顺序调整被测零件, 使其与测量装置的坐标方向一致。将心轴插入被测孔中, 测量心轴相对基准的坐标尺寸 x_1、x_2、y_1、y_2, 则孔的实际坐标尺寸: $x = \frac{x_1 + x_2}{2}$, $y = \frac{y_1 + y_2}{2}$。将 x、y 分别与相应的理论正确尺寸比较, 得到 f_x 和 f_y, 则位置度误差为 $f = 2 \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$, 然后把被测件翻转, 重复上述测量。取其中较大的误差值作为该零件的位置度误差

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
〔六〕 位置度	3. 面的位置度  公差带是距离为公差值t，且以面的理想位置（由基准A、B所确定）为中心，对称配置的两平行面之间的区域	 被测平面（斜面）必须位于距离为公差值0.05mm，且与基准轴线A成理论正确角度60°、中心平面距离基准B为50mm的两平行面之间	 指示表按专用的标准零件调整。然后调整被测零件在专用测量支架上的位置，使指示表的读数差最小。在整个被测表面上测量，将指示表的读数的最大值（绝对值）乘以2，作为该零件的位置度的误差

定位公差带具有如下特点：

① 定位公差带相对于基准具有确定的位置，其中，位置度公差带的位置由理论正确尺寸确定，同轴度和对称度的理论正确尺寸为零，图上可省略不注。

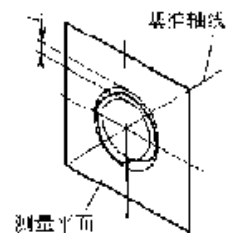
② 定位公差带具有综合控制被测要素位置、方向和形状的功能。

3. 跳动公差与公差带 与定向、定位公差不同，跳动公差是针对特定的检测方式而定义的公差特征项目。它是被测要素绕基准要素回转过程中所允许的最大跳动量，也就是指示器在给定方向上指示的最大读数与最小读数之差的允许值。跳动公差可分为圆跳动和全跳动。

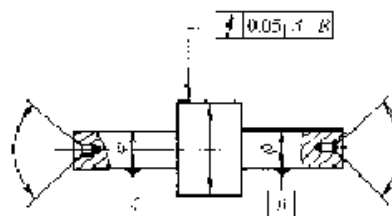
表 3-5 列出了部分跳动公差带定义、标注和解释示例。

(七)
圆
跳
动

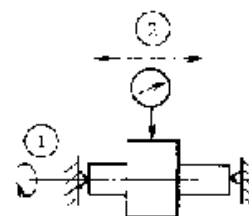
1. 径向圆跳动



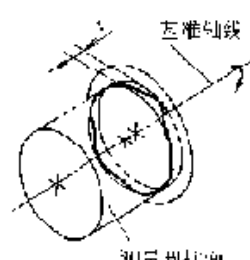
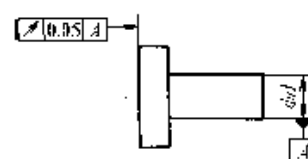
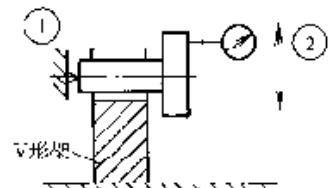
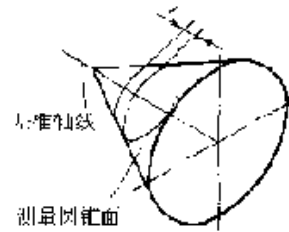
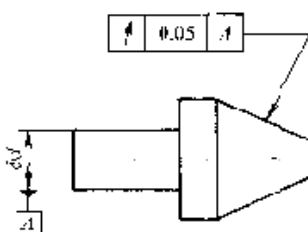
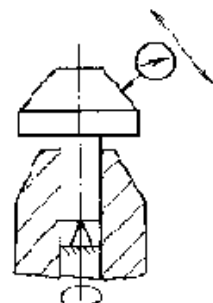
公差带是在垂直于基准轴线的任一测量平面内半径差为公差值 t ，且圆心在基准轴线的两同心圆之间的区域

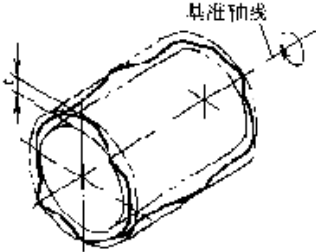
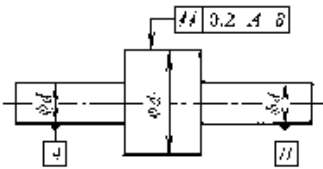
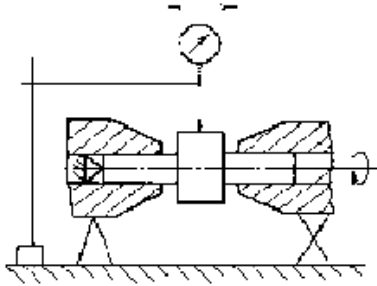
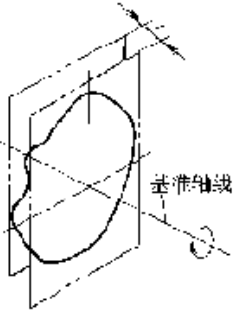
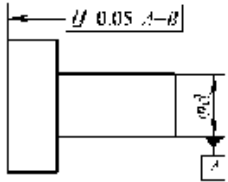
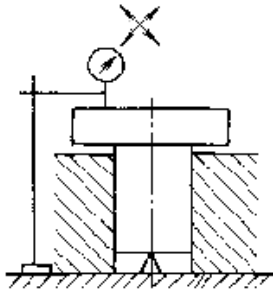


当被测要素围绕公共基准线 $A-E$ 作无轴向移动旋转一周时，在任一测量平面内的径向圆跳动量均不大于 0.05mm



基准轴线由二个同心圆尖顶模拟。①被测件同转一周，指示表读数最大差值为单个测量平面上的径向圆跳动。②以各个测量平面的跳动量中的最大值作为该零件的径向圆跳动

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
(七) 圆跳动	2. 轴向圆跳动  公差带是在与基准轴线同轴的任一直径位置的测量圆柱面上沿轴线方向距离为公差值 t 的圆柱面区域	 被测平面（左端面）围绕基准轴线 A (ϕd 轴线) 作无轴向移动旋转一周时，在任一测量圆柱面内的轴向跳动量均不得大于 0.05mm	 基准轴线由 V 形架模拟。被测零件由 V 形架支承，并在轴向定位。①被测零件回转一周，指示表读数的最大差值为单个测量圆柱面上的端面圆跳动。②以各测量圆柱面上测得跳动量中的最大值为该零件的端面圆跳动
	3. 斜向圆跳动  公差带是在与基准轴线同轴的任一测量圆锥面上距离为公差值 t 的两圆之间的区域。除另有规定，其测量方向应与被测面垂直	 被测表面围绕基准轴线 A (ϕd 轴线) 作无轴向移动旋转一周时，在任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于 0.05mm	 基准轴线由导向套筒（弹簧夹头）模拟。被测零件固定在导向套筒内，并在轴向定位。①被测零件回转一周，指示表读数的最大值为单个测量圆锥面上的斜向圆跳动，测量时指示表测量头要垂直被测表面。②以各个测量圆锥面上的跳动量中的最大值为该零件的斜向圆跳动

项目	公差带定义	标注示例及读法	常用检测方法
〔八〕 全 跳 动	1. 径向全跳动  公差带是半径差为公差值 t，且与基准线同轴的两圆柱面之间的区域	 当被测要素围绕公共基准线 $A-E$ 作若干次旋转，并在测量仪器与工件间作轴向移动，此时在被测要素上各点间的示值差均不得大于 0.2mm	 将被测零件固定在两可轴导向套筒内，同时在轴向定位并调整该对套筒，使其与平板平行 在被测零件连续回转过程中，同时让指示表沿基准轴线方向作直线运动，指示表读数最大差值即为该零件的径向全跳动
	2. 轴向全跳动  公差带是距离为公差值 t，且垂直于基准轴线的两平行平面之间的区域	 当被测表面（左端面）绕基准轴线 A（ϕd 轴线）作若干次旋转，并在测量仪器与工件间作径向移动，此时在被测要素上各点间的示值差均不得大于 0.05mm	 基准轴线由导向套筒模拟。将被测零件放在导向套筒内，然后测量整个被测表面，取最大读数差即为该零件的轴向全跳动

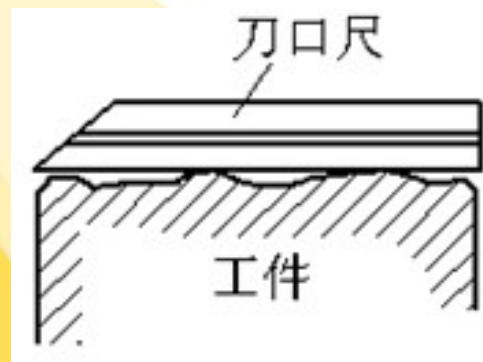
跳动公差带具有如下特点：

- ① 跳动公差带的位置具有固定和浮动双重特点，一方面公差带的中心（或轴线）始终与基准轴线同轴，另一方面公差带的半径又随实际要素的变动而变动。
- ② 跳动公差具有综合控制被测要素的位置、方向和形状的作用。
- ③ 跳动公差适用于回转表面或其端面。

3.2.2 几何公差的检测原则

GB1958—1980 《形状和位置公差 检测规定》列出了很多种形位公差的检测方案，就其原理，可将这些方案概括为下列五种检测原则。

1. **与理想要素比较原则** 将被测要素与理想要素相比较，量值由直接法或间接法获得。图示为用刀口尺测量直线度误差，是以刀口作为理想直线，被测直线与之比较。根据光隙大小或用厚薄规（塞尺）测量来确定直线度误差。



2. 测量坐标值原则

测量被测实际要素的坐标值，经数据处理获得形位误差值。

几何要素的特征总是可以在坐标中反映出来，用坐标测量装置（如三坐标测量仪、工具显微镜）测得被测要素上各测点的坐标值后，经数据处理就可获得形位误差值。该原则对轮廓度、位置度测量应用更为广泛。

3. 测量特征参数原则

测量被测实际要素具有代表性的参数表示形位误差值。例如以平面上任意方向的最大直线度来近似表示该平面的平面度误差；用两点法测圆度误差；在一个横截面内的几个方向上测量直径，取最大直径与最小直径之差的一半作为圆度误差。

4. 测量跳动原则 被测实际要素绕基准轴线回转过程中，沿给定方向测量其对参考点或线的变动量。跳动公差是按检测方法定义的，所以测量跳动的原则主要用于图样上标注了圆跳动或全跳动时误差的测量。例如图 3-20 所示，用 v 形架模拟基准轴线，并对零件轴向限位。在被测要素回转一周的过程中，指示器最大与最小读数之差为该截面的径向圆跳动误差；若被测要素回转的同时，指示器缓慢地轴向移动，在整个过程中指示器最大读数与最小读数之差为该工件的径向全跳动误差。

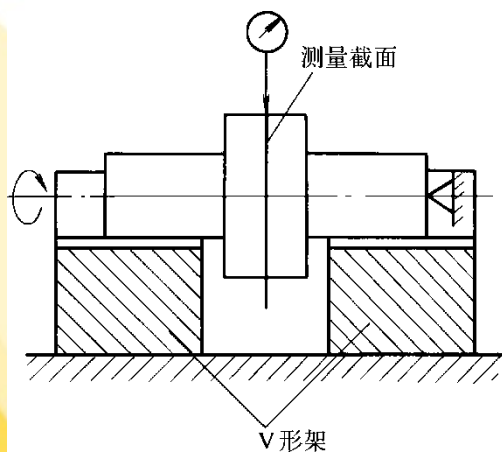


图 3-20 径向跳动误差测量

5. 控制实效边界原则 检验被测实际要素是否超过实效边界，以判断被测实际要素合格与否。按最大实体要求（或同时采用最大实体要求及可逆要求）给出形位公差时，意味着给出了一个理想边界——最大实体实效边界，要求被测实体不得超越该边界。判断被测实体是否超越最大实体实效边界的有效方法是用功能量规检验。

功能量规是模拟最大实体实效边界的全形量规。若被测实际要素能被功能量规通过，则表示该项形位公差要求合格。

例如，图 3-21a 所示零件的位置度误差可用图 3-24b 所示的功能量规检测。被测孔的最大实体实效尺寸为 $\Phi 7.506\text{mm}$ ，故量规 4 个小测量圆柱的基本尺寸也为 $\Phi 7.506\text{mm}$ ，基准要素 B 本身遵循最大实体要求，应遵守最大实体实效边界，边界尺寸为 $\Phi 10.015\text{mm}$ ，故量规定位部分的基本尺寸也为 $\Phi 10.015\text{mm}$ （图中量规各部分的尺寸都是基本尺寸，实际设计量规时，还应按有关标准规定一定的公差）。检验时，量规能插入工件中，并且其端面与工件 A 面之间无间隙，工件上 4 个孔的位置度误差就是合格的。

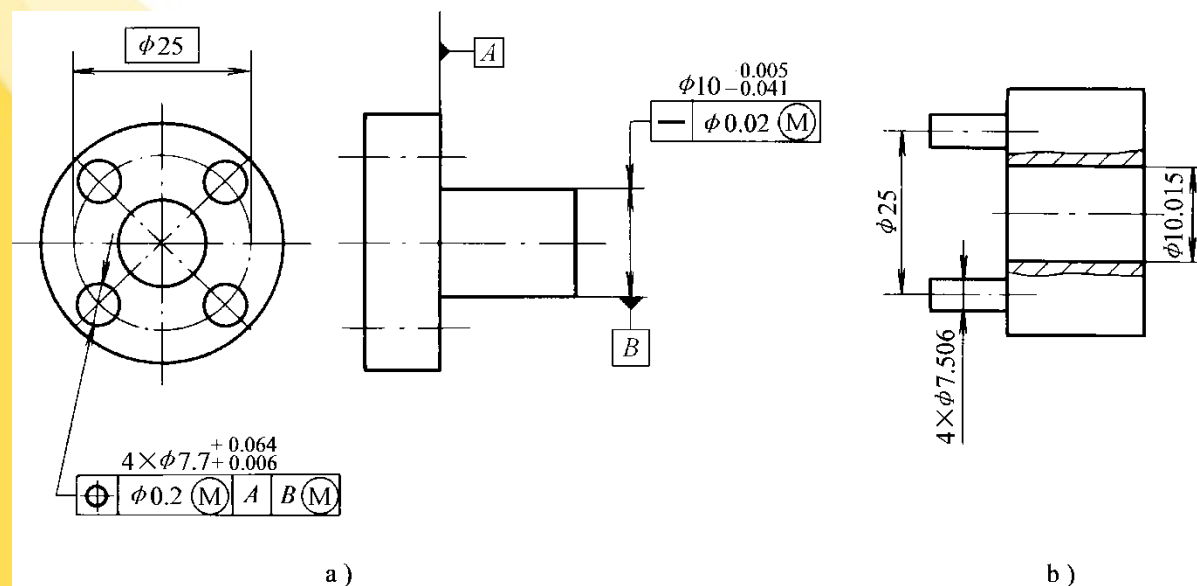


图 3-21 用功能量规检验位置度误差

3.3 公差原则

零件上几何要素的实际状态是由要素的尺寸和形位误差综合作用的结果，两者都会影响零件的配合性质，因此在设计和检测时需要明确形位公差与尺寸公差之间的关系。处理形位公差与尺寸公差之间关系的原则称为公差原则。公差原则分为独立原则和相关要求。相关要求又分为包容要求、最大实体要求、最小实体要求和可逆要求。

3.3.1 有关术语及定义

1. 作用尺寸

- (1) 体外作用尺寸 即零件装配时起作用的尺寸，由被测要素的实际尺寸和形位误差综合形成的。在被测要素的给定长度上，与实际内表面（孔）体外相接的最大理想面，或与实际外表面（轴）体外相接的最小理想面的直径或宽度，称为体外作用尺寸。

内表面（孔）的体外作用尺寸以 D_{fe} 表示，外表面（轴）的体外作用尺寸以 d_{fe} 表示。如图 3 - 28 所示。

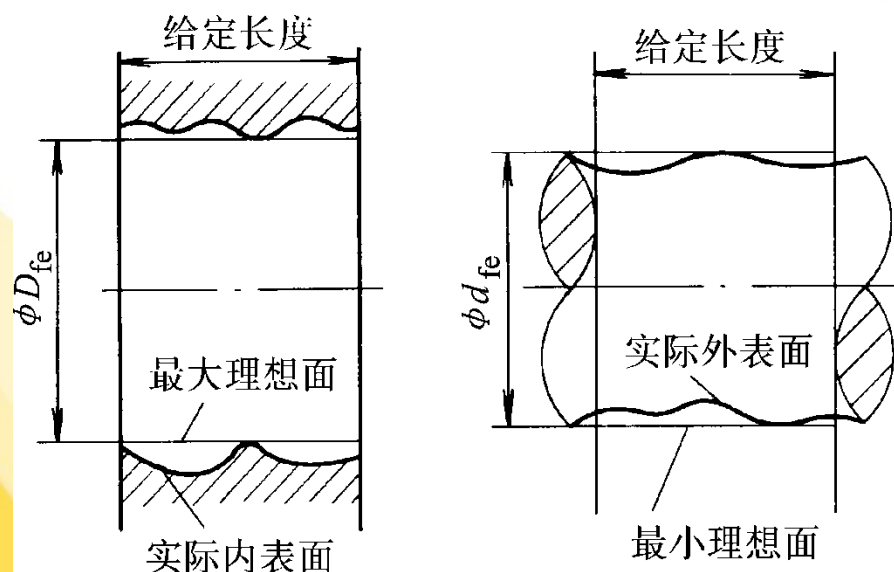


图 3 - 28 单一要素的体外作用尺寸

对于关联要素，该理想面的轴线或中心平面必须与基准 A 保持图样结定的几何关系。如图 3 - 29 所示

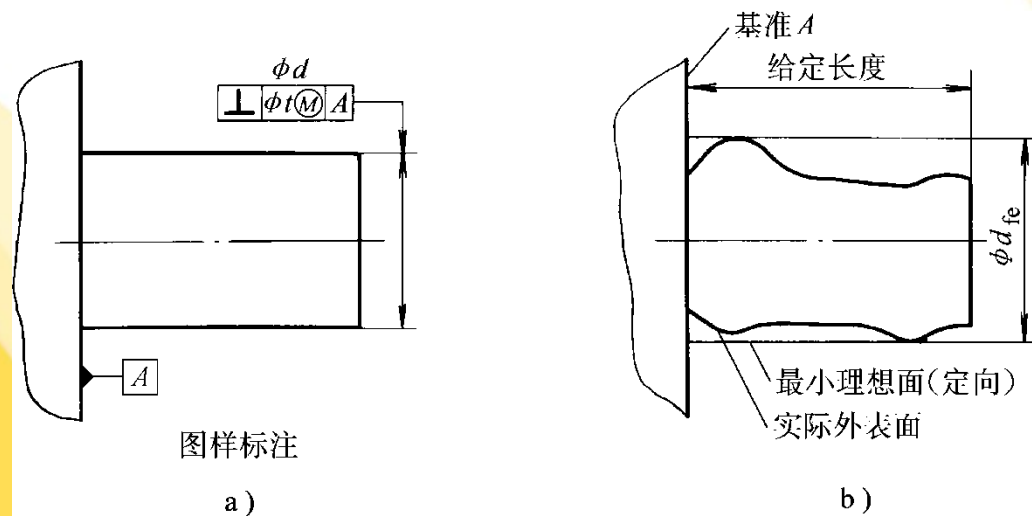


图 3 - 29 关联要素的体外作用尺寸

(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）体内相接的最小理想面，或与实际外表面（轴）体内相接的最大理想面的直径或宽度，称为体内作用尺寸。

内表面（孔）的体内作用尺寸以 D_{fi} 表示，外表面（轴）的体内作用尺寸以 d_{fi} 表示，如图 3 - 30 所示。

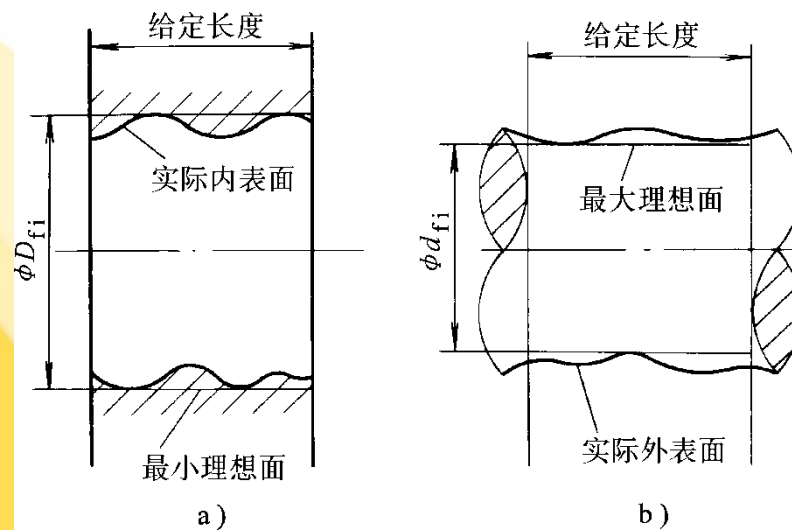


图 3 - 30 单一要素的体内作用尺寸

2. 最大实体实效状态和最大实体实效尺寸

- (1) 最大实体实效状态 MMVC 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位误差等于给出的形位公差值时的综合极限状态。
- (2) 最大实体实效尺寸 (DMV dMV) 最大实体实效状态下的体外作用尺寸。对于内表面，为最大实体尺寸减形位公差值 t ，用 DMV 表示；对于外表面，为最大实体尺寸加形位公差值 t ，用 dMV 表示。即
 - 内表面（孔） $D_{MV} = D_M - \Phi t = D_{\min} - \Phi t$ 形. 位公差
 - 外表面（轴） $d_{MV} = d_M + \Phi t = d_{\max} + \Phi t$ 形. 位公差

3. 最小实体实效状态和最小实体实效尺寸

- (1) 最大实体实效状态 MMVS 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位误差等于给出的形位公差值时的综合极限状态。
- (2) 最小实体实效尺寸 (DLV DLV) 最大实体实效状态下的体外作用尺寸。对于内表面，为最小实体尺寸加形位公差值 t ，用 DLV 表示；对于外表面，为最大实体尺寸减形位公差值 t ，用 dLV 表示。即
 - 内表面（孔） $D_{LV} = D_L - \Phi t = D_{\max} + \Phi t$ 形. 位公差
 - 外表面（轴） $d_{LV} = d_L + \Phi t = d_{\min} - \Phi t$ 形. 位公差

4. 理想边界 即设计时给定的，具有理想形状的极限边界。边界尺寸为极限包容面的直径或距离。单一要素的实效边界没有方向或位置的约束；关联要素的实效边界应与图样上给定的基准保持正确几何关系。

■ **边界用于综合控制实际要素的尺寸和形位误差。**根据零件的功能及经济性，可以给出如下边界。

- (1) **最大实体边界 (MMB)** 尺寸为最大实体尺寸的边界。
- (2) **最小实体边界 (LMB)** 尺寸为最小实体尺寸的边界。
- (3) **最大实体实效边界 (MMVB)** 尺寸为最大实体实效尺寸的边界。
- (4) **最小实体实效边界 (LMVB)** 尺寸为最小实体实效尺寸的边界。

■ 其中，**最大实体边界用于包容原则；最大实体实效边界用于最大实体要求；最小实体实效边界用于最小实体要求。**

3.3.2 独立原则及其应用

1. 独立原则的含义

独立原则是指被测要素在图样上给出的尺寸公差与形位公差无相互关系，分别满足要求的原则。如图 3-31 所示。图样上注出的尺寸要求仅限制轴的局部实际尺寸，即不管轴线怎样弯曲，各局部实际尺寸只能在 $\Phi 19.96 \sim \Phi 20\text{mm}$ 的范围内。同样，不论轴的实际尺寸如何变动，轴线直线度误差不得超过 $\Phi 0.02\text{mm}$ 。

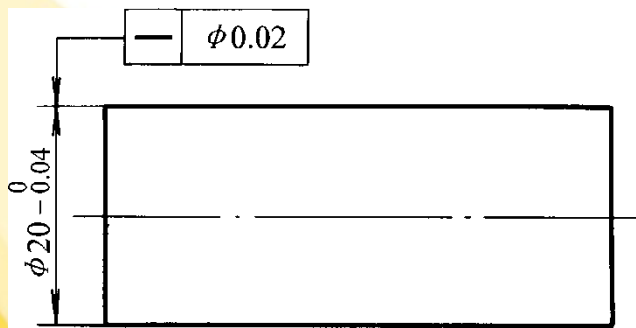


图 3 - 31 独立原则标注

2. 独立原则的特点 采用独立原则标注具有如下特点

- ① 尺寸公差仅控制要素的局部实际尺寸，不控制其形位误差；
- ② 给出的形位公差为定值，不随要素的实际尺寸变化而改变；
- ③ 形位误差的数值采用通用量具测量。

3. 独立原则的应用 对于大多数机械零件，采用独立原则给出尺寸公差和形位公差。应用时注意以下几点：

- ① 对尺寸公差无严格要求，对形位公差有较高要求时可采用独立原则。
-

- ② 为了保证运动精度要求时，可采用独立原则。
- ③ 对于非配合要求的要素，采用独立原则。例如，各种长度尺寸、退刀槽、间距、圆角和测角等。

3.3.3 相关要求及其应用

- 相关要求是指图样上给定的尺寸公差与形位公差相互有关的公差要求。根据要素实际状态所应遵守的边界不同，相关原则分为包容要求、最大实体要求、最小实体要求、可逆要求。

1. 包容要求

- (1) 包容要求的含义 包容要求是要求实际要素处处不得超过最大实体边界的一种公差原则。即实际轮廓要素应遵守最大实体边界，作用尺寸不超出最大实体尺寸。按照这一公差原则，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关的形位误差。

- 包容要求只适用于处理单一要素的尺寸公差与形位公差的相互关系。
- 采用包容要求的单一要素应在其尺寸极限偏差或公差带代号之后加注符号“E”，如图3-32所示。

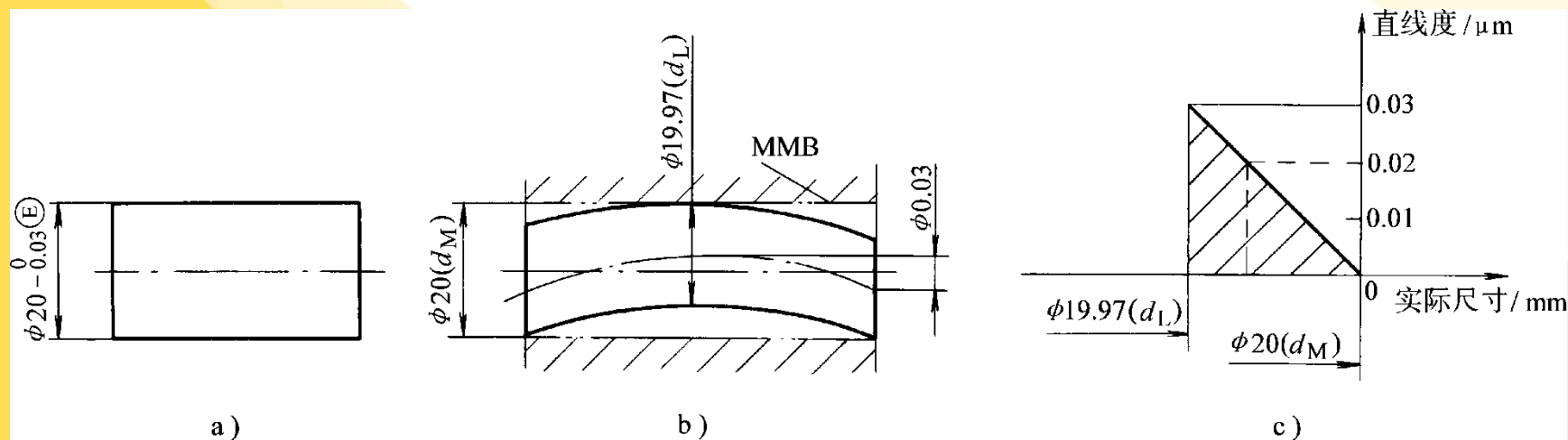


图3-32 包容要求

- (2) 包容要求的特点
 - ① 实际要素的体外作用尺寸不得超出最大实体尺寸(MMS)；
 - ② 当要素的实际尺寸处处为最大实体尺寸时，不允许有任何形状误差；
 - ③ 当要素的实际尺寸偏离最大实体尺寸时，其偏差量可补偿给形状误差。
 - ④ 要素的局部实际尺寸不得超出最小实体尺寸。

采用包容要求时，尺寸公差不仅限制了要素的实际尺寸，还控制了要素的形状误差。

例如图 3 - 35a 的轴按包容要求给出了尺寸公差。其表达的含义如下：

- ① 当轴的直径均为最大实体尺寸 $\Phi 20\text{mm}$ 时，轴的直线度误差为零；
- ② 当轴的直径均为最小实体尺寸 $\Phi 19.97\text{mm}$ 时，允许轴具有 $\Phi 0.03\text{mm}$ 的直线度误差，如图 3 - 35c ；
- ③ 轴的局部实际尺寸可在 $\Phi 19.97 \sim 20\text{mm}$ 之间变动。

表 3-6 与图 3-32c 相对应列出了轴为不同实际尺寸所允许的形位误差值。

表 3-6 包容原则的实际尺寸及允许的形位误差

(mm)

被测要素实际尺寸 ϕ	被测要素边界尺寸 ϕ	允许的直线度误差 ϕ
		给定值 + 被测要素补偿值 ϕ
$\Phi 20_{\phi}$	$\Phi 20_{\phi}$	$\Phi 0 + \Phi 0_{\phi}$
$\Phi 19.99_{\phi}$		$\Phi 0 + \Phi 0.01_{\phi}$
$\Phi 19.98_{\phi}$		$\Phi 0 + \Phi 0.02_{\phi}$
$\Phi 19.97_{\phi}$		$\Phi 0 + \Phi 0.03_{\phi}$

■ (3) 包容要求的应用

- 包容要求常常应用于要求**保证配合性质的场合**。

例如，E孔与E轴的间隙配合中，所需要的间隙是通过孔和轴各自遵守最大实体边界来保证的，这样既能保证预定的最小间隙等于零，避免了因孔和轴的形状误差而产生过盈。另外，包容要求还应用在配合精度要求较高的场合。例如，滚动轴承内圈与轴颈的配合，采用包容要求时可以提高轴颈的尺寸精度，保证其严格的配合性质，确保滚动轴承运转灵活。

2. 最大实体要求（遵守最大实体实效边界）

■ (1) 最大实体要求的含义

- 最大实体要求是控制被测要素的实际轮廓处处不得超过实效边界的一种公差要求。即**实际轮廓要素应遵守实效边界，作用尺寸不超出实效尺寸**。最大实体要求既可以用于被测要素，也可以用于基准要素。

- (2) 最大实体要求的特点
- ① 被测要素遵守最大实体实效边界，即被测要素的体外作用尺寸不超过最大实体实效尺寸；
- ② 当被测要素的局部实际尺寸处处均为最大实体尺寸时，允许的形位误差为图样上给定的形位公差值；
- ③ 当被测要素的实际尺寸偏离最大实体尺寸后，其偏离量可补偿给形位公差，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。

- 如图 3-33a 表示轴 $\phi 20$ 的轴线直线度公差采用最大实体要求的原则给出。当被测要素处于最大实体状态时，其轴线直线度公差为 $\Phi 0.1 \text{ mm}$ ，则轴的最大实体实效尺寸 $d_{MV} = d_M + \Phi_t = d_{\max} + \Phi_t$ 形位公差 = $\Phi 20 + 0.1 = \Phi 20.1 \text{ mm}$ 。根据最大实体实效尺寸 d_{MV} ，可确定最大实体实效边界，该边界是一个直径为 $\Phi 20.1 \text{ mm}$ 的理

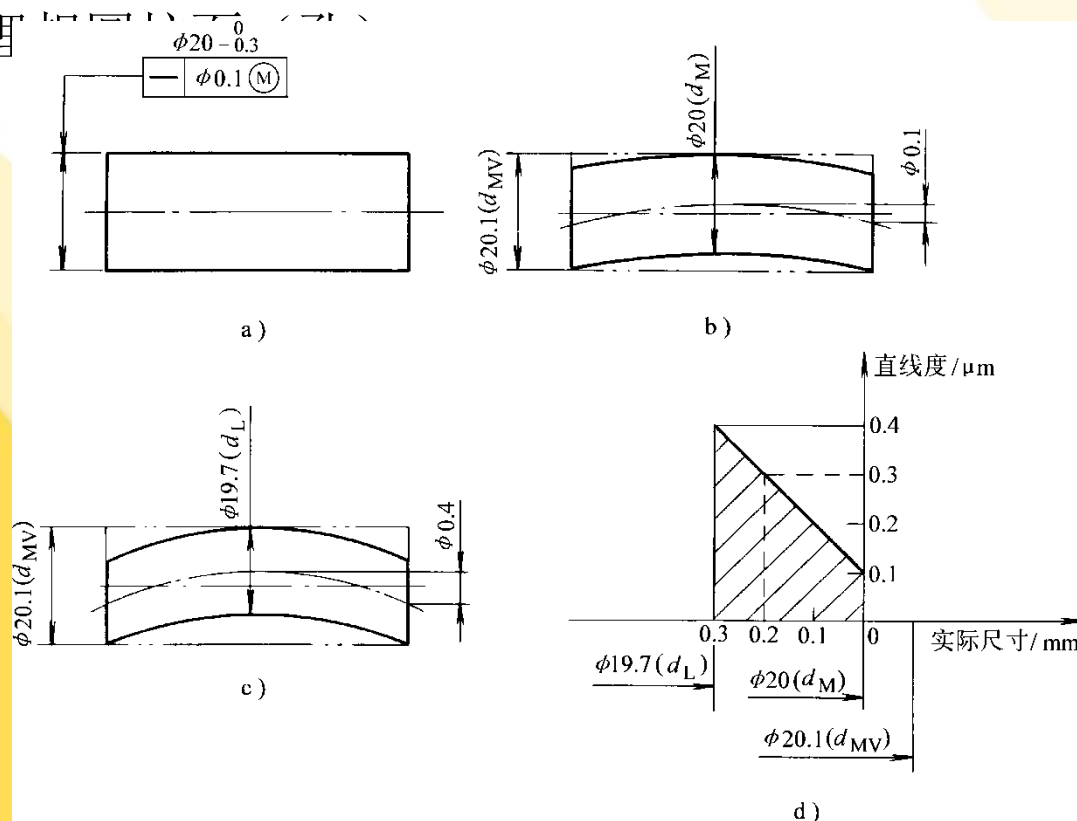


图 3-33 最大实体要求用于被测要素

分析如下：

- ① 当轴处于最大实体状态（实际尺寸为 $\Phi 20\text{mm}$ ）时，允许轴线的直线度误差为给定的公差值 $\Phi 0.1\text{ mm}$ ，如图 3 - 36b 所示。
- ② 当轴的尺寸偏离最大实体尺寸如为 $\Phi 19.9\text{mm}$ 时，偏离量 0.1mm 可补偿给直线度公差，允许轴线的直线度误差为 $\Phi 0.2\text{mm}$ ，即为给定的公差值 0.1mm 与偏离量 0.1mm 之和。
- ③ 当轴的尺寸为最小实体尺寸 $\Phi 19.7\text{mm}$ 时，偏离量达到最大值（等于尺寸公差 0.3mm ），这时允许轴线的直线度误差为给定的直线度公差 $\Phi 0.1\text{mm}$ 与尺寸公差 $\Phi 0.3\text{mm}$ 之和，即为 $\Phi 0.4\text{mm}$ ，如图 3 - 36c 所示。
- ④ 轴的实际尺寸必须在 $\Phi 19.7 \sim \Phi 20\text{mm}$ 之间。

表 3-7 最大实体要求用于被测要素的实际尺寸及允许的形位误差 (mm)

被测要素实际尺寸	被测要素边界尺寸	允许的直线度误差
		给定值 + 被测要素补偿值
$\Phi 20$	$\Phi 20.1$	$\Phi 0.1 \quad (\Phi 0.1 + \Phi 0)$
$\Phi 19.9$		$\Phi 0.2 \quad (\Phi 0.1 + \Phi 0.1)$
$\Phi 19.8$		$\Phi 0.3 \quad (\Phi 0.1 + \Phi 0.2)$
$\Phi 19.7$		$\Phi 0.4 \quad (\Phi 0.1 + \Phi 0.3)$

■ (3) 最大实体要求的应用

- 最大实体要求与包容要求相比，可得到较大的尺寸制造公差和形位制造公差，具有良好的工艺性和经济性。因此，最大实体要求，一方面可用于零件尺寸精度和形位精度较低、配合性质要求不严的情况，另一方面可用于要求保证自由装配的情况。例如，盖板、箱体及法兰盘上孔系的位置度等。

3. 可逆要求

- 可逆要求（RR）是当中心要素的形位误差值小于给出的形位公差值时，允许在满足零件功能要求的前提下扩大尺寸公差的一种要求。前面分析的**最大实体要求**，**允许尺寸公差可以补偿给形位公差**，反过来，**形位公差也可以补偿给尺寸公差**，允许相应的尺寸公差增大，后者的补偿关系即遵循可逆要求。
- 当可逆要求用于最大实体要求或最小实体要求时，并没有改变它们原来遵守的极限边界，只是在原有尺寸公差补偿形位公差关系的基础上，增加形位公差补偿尺寸公差的关系，为加工时根据需要分配尺寸公差和形位公差提供方便。

- 被测要素的实际轮廓仍遵守其最大实体实效边界，当其实际尺寸偏离最大实体尺寸时，允许其形位误差值超出在最大实体状态下给出的形位公差值；当其形位误差值小于给出的形位公差值时，也允许其实际尺寸超出最大实体尺寸，这种要求称为可逆要求用于最大实体要求。
- 可逆要求用于最大实体要求的标注方法是在图样上的形位公差框格中，将表示可逆要求的符号 R 标注在被测要素的形位公差值后面的符号 M 之后。

例如，图 3 - 34a 所示的轴，是可逆要求用于最大实体要求的实例。

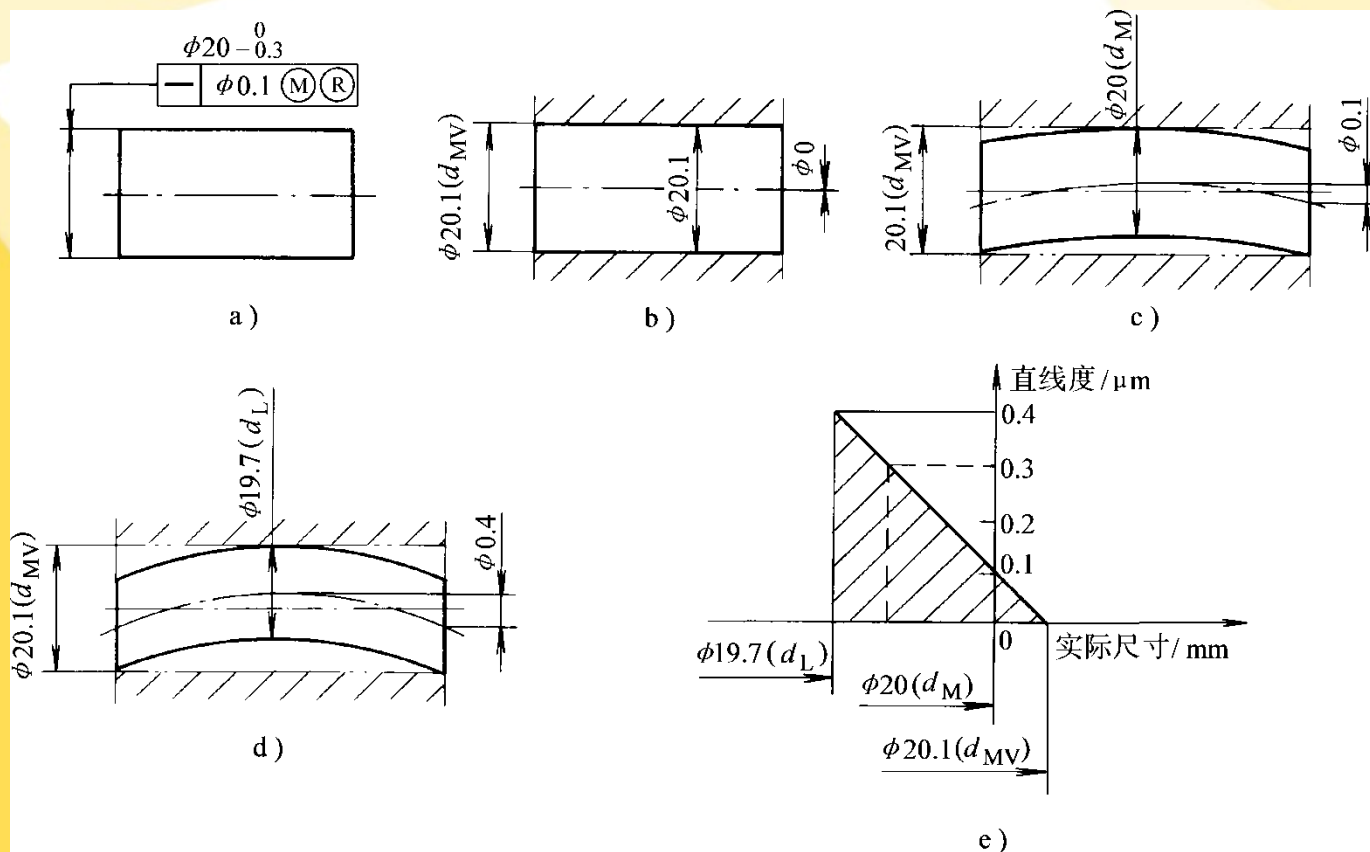


图 3-34 可逆要求用于最大实体要求

- 按照这一要求，分析如下：
- (1) 当的实际尺寸偏离最大实体状态 $\Phi 20\text{mm}$ 时，允许其轴线的直线度误差增大（遵守最大实体要求）。
- (2) 当轴的直线度误差小于 $\Phi 0.1\text{mm}$ 时，也允许轴的直径增大。例如当轴的直线度误差为零时，轴的实际尺寸可增至 $\Phi 20.1\text{mm}$ 。如图 3 - 37b 所示。
- (3) 轴的实际尺寸应在 $\Phi 19.7 \sim \Phi 20.1\text{mm}$ 之间变动。

表 3-8 可逆要求用于最大实体要求的实际尺寸及允许的形位误差 (mm)

被测要素实际尺寸 ϕ	被测要素边界尺寸 ϕ	允许的直线度误差 ϕ
		给定值 + 被测要素补偿值 ϕ
$\Phi 19.7\phi$	$\Phi 20.1\phi$	$\Phi 0.4 (\Phi 0.1 + \Phi 0.3)\phi$
$\Phi 19.8\phi$		$\Phi 0.3 (\Phi 0.1 + \Phi 0.2)\phi$
$\Phi 20\phi$		$\Phi 0.1 (\Phi 0.1 + \Phi 0)\phi$
$\Phi 20.1\phi$		$\Phi 0 (\Phi 0 + \Phi 0)\phi$

3.4 几何公差的选择

■ 3.4.1 公差项目的选择

- 形位公差项目的选择，取决于零件的几何特征与使用要求，同时还要考虑检测的方便性。
 - 1. 考虑零件的几何特征
 - 2. 考虑零件的使用要求
 - 3. 考虑检测的方便性

■ 3.4.2 基准要素的选择

1. **基准部位的选择** 选择基准时，主要应根据设计和使用要求，考虑基准统一原则和结构特征。具体应考虑如下几点：

- (1) 选用零件在机器中定位的结合面作为基准部位。例如，箱体的底平面和侧面、盘类零件的轴线、回转零件的支承轴颈或支承孔等。
- (2) 基准要素应具有足够的刚度和大小，以保证定位稳定可靠。例如，用两条或两条以上相距较远的轴线组合成公共基准轴线比一条基准轴线要稳定。

- (3) 选用加工比较精确的表面作为基准部位。
- (4) 尽量统一装配、加工和检测基准。这样，既可以消除因基准不统一而产生的误差；也可以简化夹具、量具的设计与制造，测量方便。

2. 基准数量的确定 一般来说，应根据公差项目的定向、定位几何功能要求来确定基准的数量。定向公差大多只要一个基准，而定位公差则需要一个或多个基准。例如，对于平行度、垂直度、倾斜度、同轴度和对称度公差项目，一般只用一个平面或一条轴线做基准要素；对于位置度公差项目，需要确定孔系的位置精度，就可能要用到两个或三个基准要素。

3. 基准顺序的安排 当选用两个或三个基准要素时，就要明确基准要素的次序，并按第一、二、三的顺序写在公差框格中，第一基准要素是主要的，第二基准要素次之。

3.4.3 公差等级的选择

- 形位公差等级的选择原则与尺寸公差选择原则一样，即在满足零件使用要求的前提下，尽量选用低的公差等级。选择方法常采用类比法。确定形位公差值时，应考虑以下几个问题。
- 1. **形状公差、位置公差和尺寸公差的关系** 通常，同一要素的形状公差、位置公差和尺寸公差应满足关系式： $T_{\text{形状}} < T_{\text{位置}} < T_{\text{尺寸}}$

- 2. 有配合要求时形状公差与尺寸公差的关系 有配合要求并要严格保证其配合性质的要素，应采用包容要求。在工艺上，其形状公差大多数按分割尺寸公差的百分比来确定，即 $T_{\text{形状}} = kT_{\text{尺寸}}$
- 在常用尺寸公差 IT5 ~ IT8 的范围内，k 通常可取 25% ~ 65%，形状公差分割尺寸公差的百分比过小，会对工艺设备的精度要求过高；而分割尺寸公差的百分比过大，则会使尺寸的实际公差过小，也会给加工带来困难。

- **3. 形状公差与表面粗糙度的关系** 一般情况下，表面粗糙度的 Ra 值约占形状公差值的 20% ~ 25%。
- **4. 考虑零件的结构特点** 对于结构复杂、刚性较差或不易加工和测量的零件（如细长轴、薄壁件等），在满足零件功能要求的前提下，可适当选用低 1 ~ 2 级的公差值。

谢谢！



互换性与测量技术