

尺寸与几何公差应用解析

编制：汤龙龙

汤龙龙 2022/12/22



测量相关概念

测量定义：

测量是赋值给具体事物以表示他们之间关于特殊特性的关系。赋值的过程定义为测量过程，而赋予的值定义为测量值

测量系统(MSA)的组成：

量具/标准/操作/夹具/软件/人员/工件/环境/程序、方法/假设

MSA的定义：

通过统计分析手段，对构成测量系统的各个影响因子进行变差分析和研究以得到测量系统是否准确可靠的结论





图纸解读

一张完整的图纸要有：

- 1、图框 —— 就是画图的界限，图框是装订和画图的参考，很重要。
- 2、图 —— 就是图纸想要表达的零件或组件或产品的形状、尺寸、形位公差、基准面、基准线、粗糙度等等，是图纸最核心的组成部分。
- 3、技术要求或技术说明 —— 这里需要对工件的其他无法用线条表示的特性进行文字说明。
- 4、图纸名称和参与制图人员的签名 —— 这个很必要，图纸标准格式里一般都提供了相应的位置，只要按位置填进去就行。比如设计、校对、审核、批准等等。
- 5、零件明细 —— 在装配图里，必须要有的一个项目。要列出组成组件的零件的数量和图号。
- 6、版本号 —— 在图纸管理体系里，图纸要有版本号，这样在图纸更改和升级的时候，可以快速鉴别某张图纸是否已经过期



测量---尺寸和几何（形位）

1

尺寸与形位公差分类

2

形位公差及公差带解析

3

公差的原则

4

形位公差的计算和应用



尺寸公差分类

双边对等公差



16.2 ± 0.2

单边公差



$16.2 + 0.2 / + 0.1$

双边不对等公差

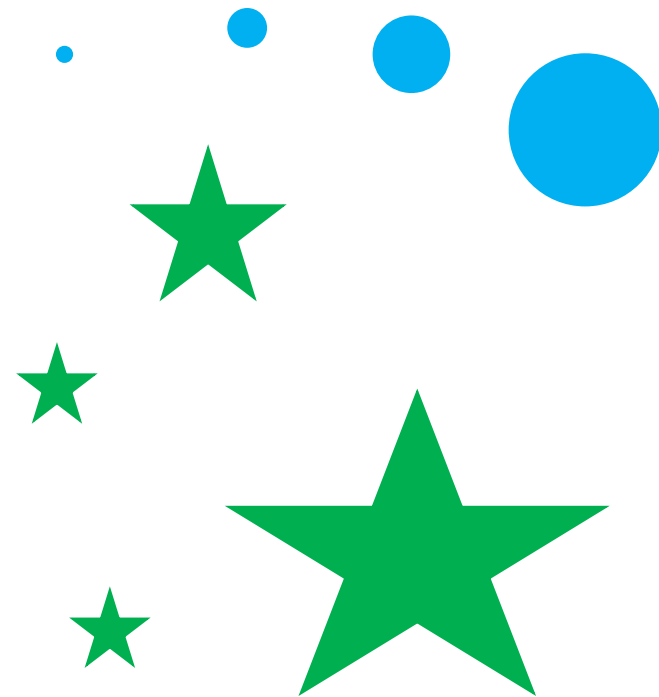


$16.2 + 0.2 / - 0.3$

极限公差



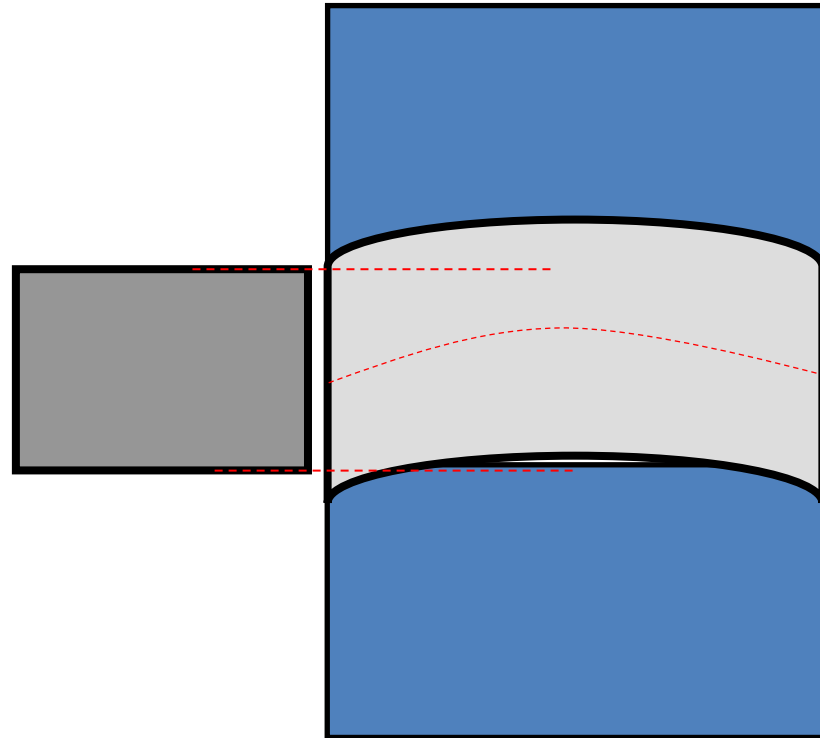
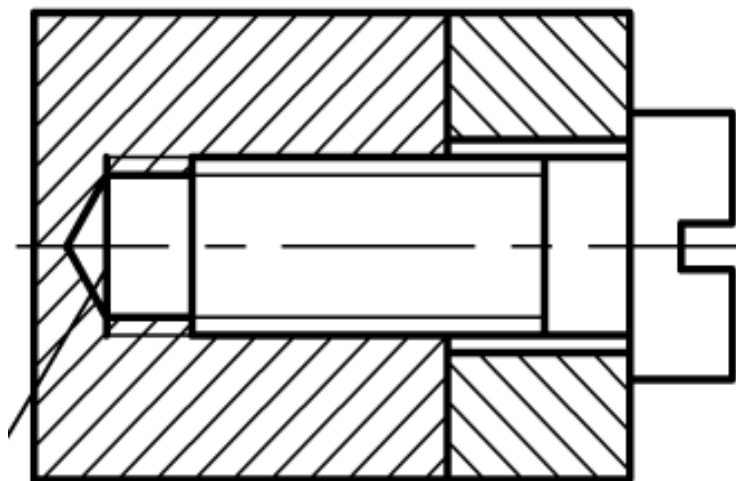
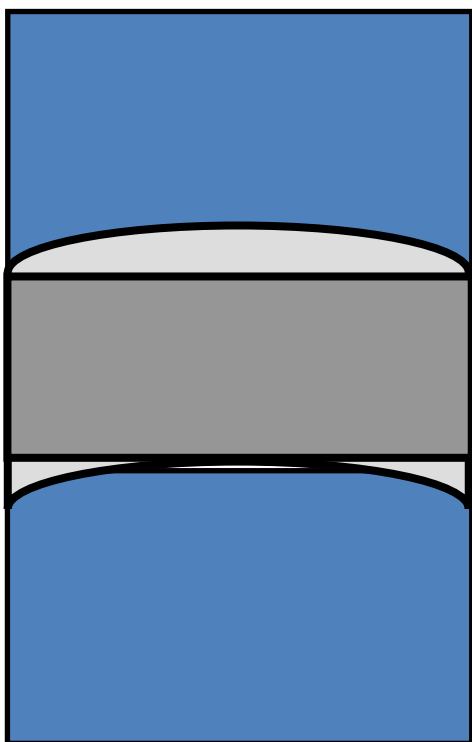
$16.1 - 16.5$



尺寸公差独立控制大小（默认独立原则=基本原则）



尺寸公差应用

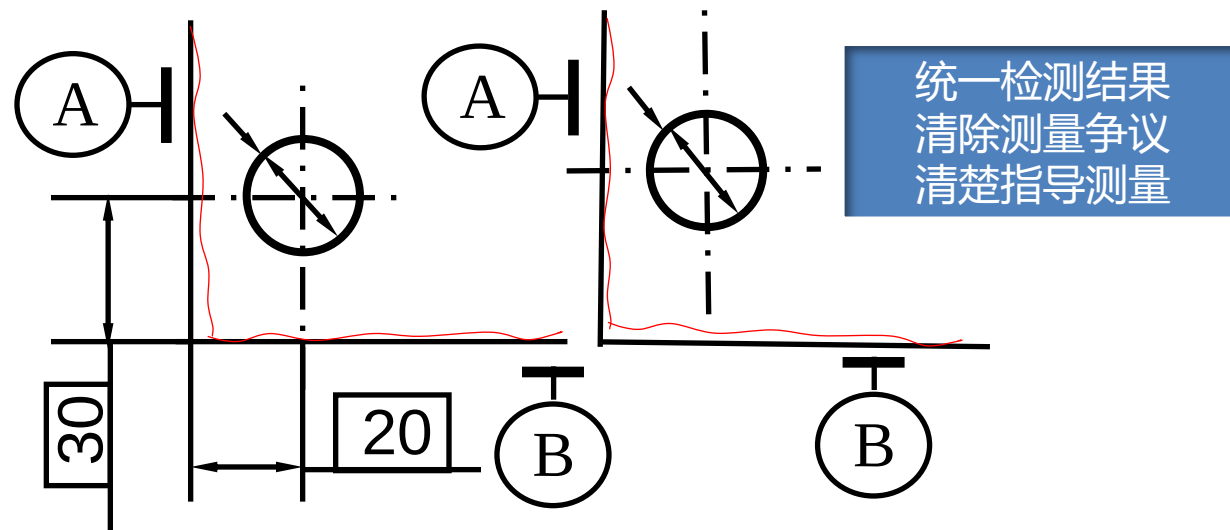
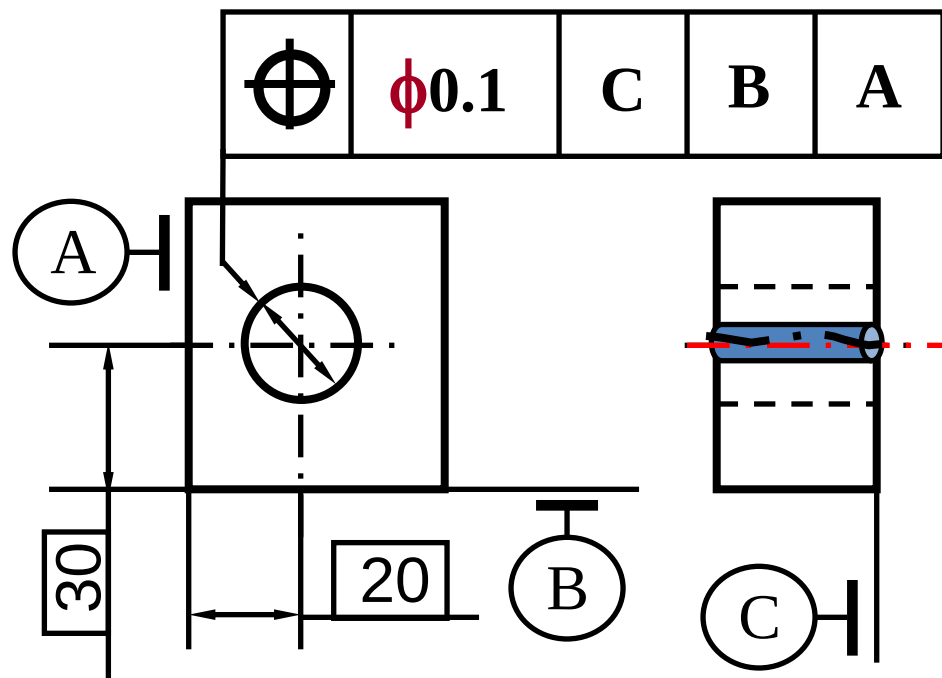


思考?

孔的观测直径大于轴，就可以保证间隙装配吗？如果不可以，有什么影响？



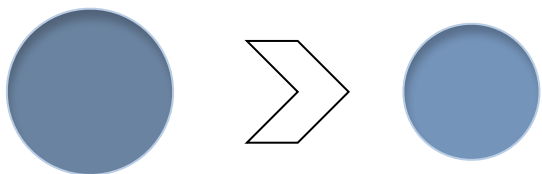
基准的意义(坐标系的建立)



1. 工作平面-投影面-C, 控制空间旋转, 不可围绕B/A旋转
2. B基准控制平面轴向X轴, 即控制30的理论尺寸。同时A基准方向也跟随确定
3. A基准轴向默认垂直B, 控制20的理论尺寸



几何公差 (形位公差)



大小、形状与位置

左图2个鸭蛋

问题1：蛋1和蛋2谁大

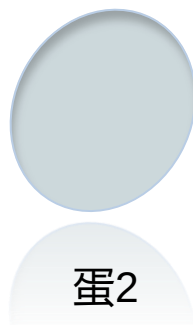


右图两个运动员打靶

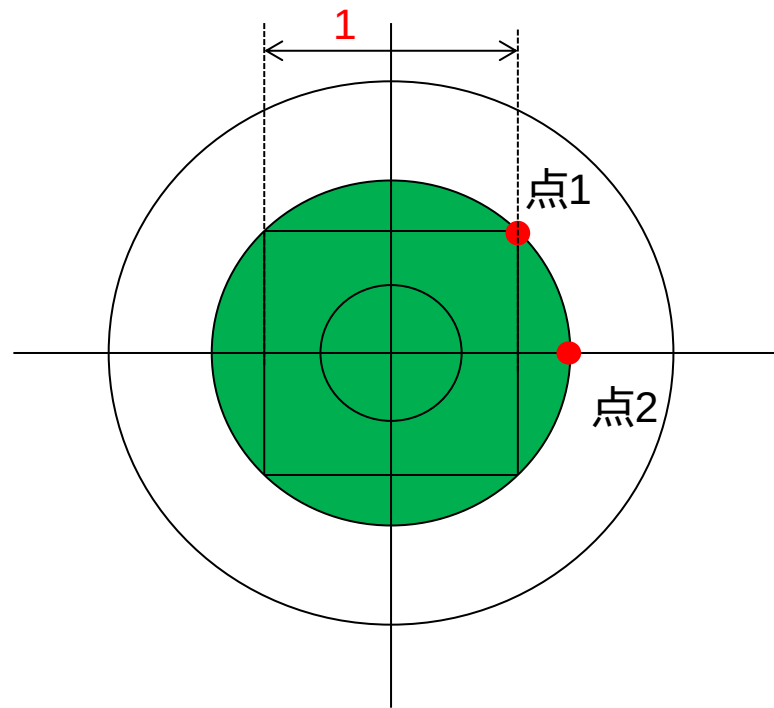
问题1：点1和点2哪个准



蛋1



蛋2





尺寸公差VS形位公差

尺寸公差和几何公差应用		
尺寸类型	尺寸公差好用	几何公差好用
尺寸	X	
倒角	X	
半径	X	
壁厚	X	
台阶面	X	
斜面	X	
埋头孔	X	
控制位置		X
控制方向		X
控制形状		X

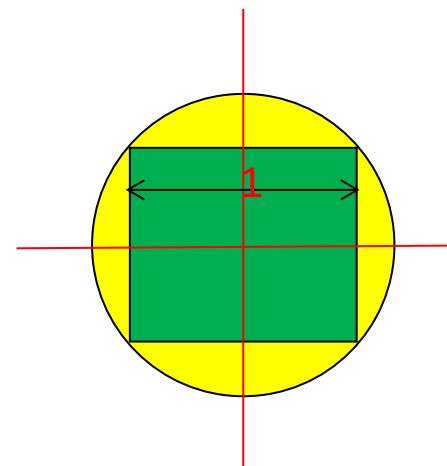
根据需求灵活选择公差

涉及形位要求优选几何公差



尺寸公差VS形位公差

		正负公差	形位公差	
1	公差带	长方形/方形 公差带小 生产成本低	圆形 增加公差带 制造成本低	😊
2	公差补偿	尺寸固定 合格零件报废 资源浪费, 增加成本	LMC/MMC进行补偿计算 增加公差带 合格品得以保留	😊
3	检测基准	基准未固定, 结果差异 好零件废弃 坏零件接收	统一检测结果 清除测量争议 清楚指导测量	😊
4	公差累积	公差会累积, 有风险	无	😊
5	功能传递	无法依靠图纸进行功能 设计传递	功能在图纸上进行传递 设计、制造、检验,	😊
6	适用性	简便快速、普遍性强	专业知识要求较高	😞



以圆孔对称计算
假设圆孔位置尺寸公差 ± 0.5

尺寸公差圆心位置活动范围:
图中正方形 $1 \times 1 = 1$
形位公差 $\pi \cdot (\sqrt{2}/2)^2 = 1.57$
即公差扩大57%
(黄色区域)



尺寸/形位公差应用---互换性

互换性：

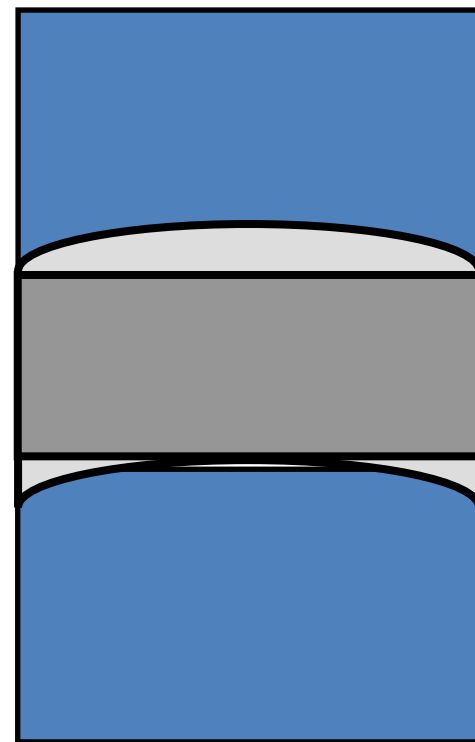
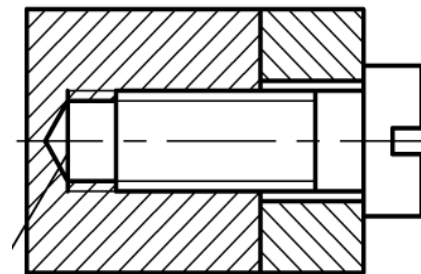
是指在统一规格的一批零件（或部件）中，不经选择、修配或调整，任取其一，都能装在机器上达到规定的功能要求。（**质量的好坏标准是符合性**）

互换性意义：

在现代工业生产中常采用专业化的协作生产，即用分散制造、集中装配的办法来提高生产率，保证产品质量和降低成本。要实行专业化生产保证产品具有互换性，必须采用互换性生产原则。

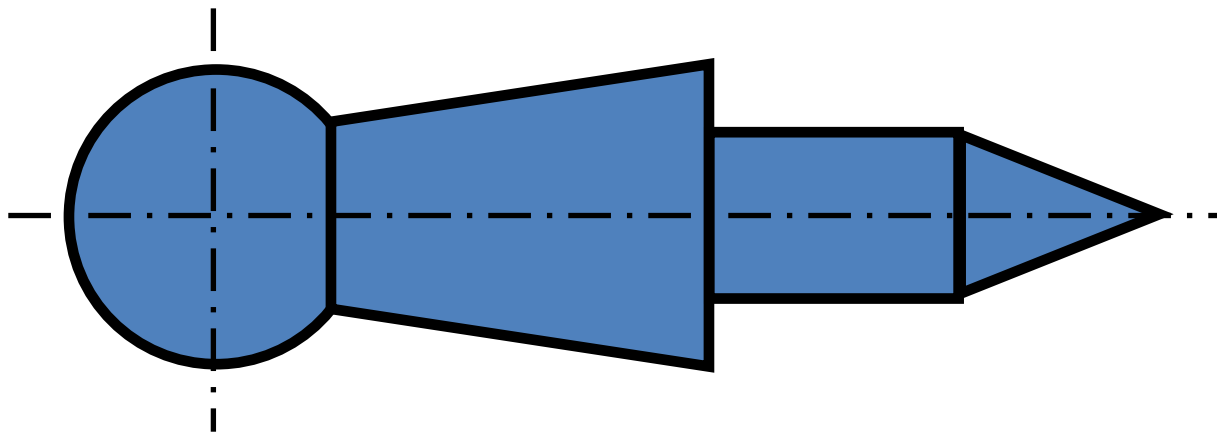
尺寸公差与形位公差共同作用的结果——体外作用尺寸

体外作用尺寸 → 互换性的保证





形位公差概述---研究对象



形位公差的研究对象：几何要素

几何要素定义：构成零件几何特征的点、线、面统称几何要素

如上图的：

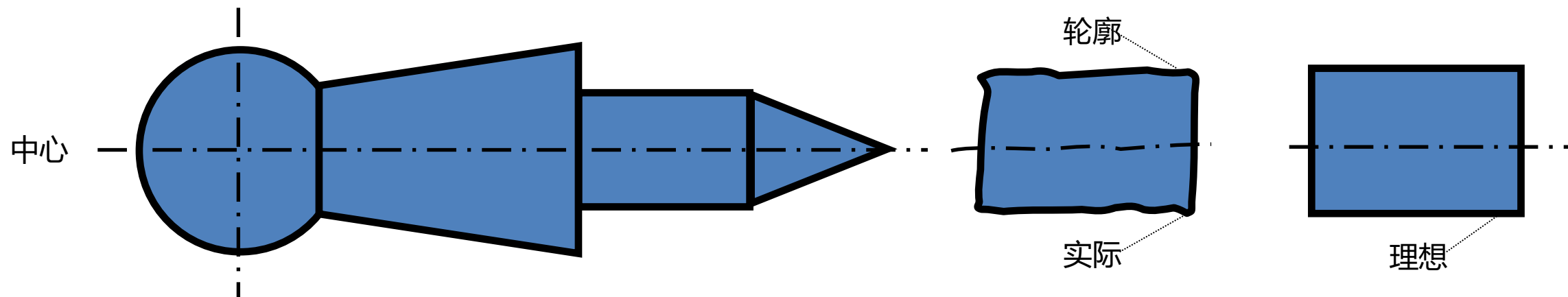
点---球心 圆锥顶点 圆柱中心线刺穿上下平面的点等

线---圆锥、圆柱中心线 表面母线等

面---圆柱上下平面、圆柱外曲面



形位公差概述---要素分类



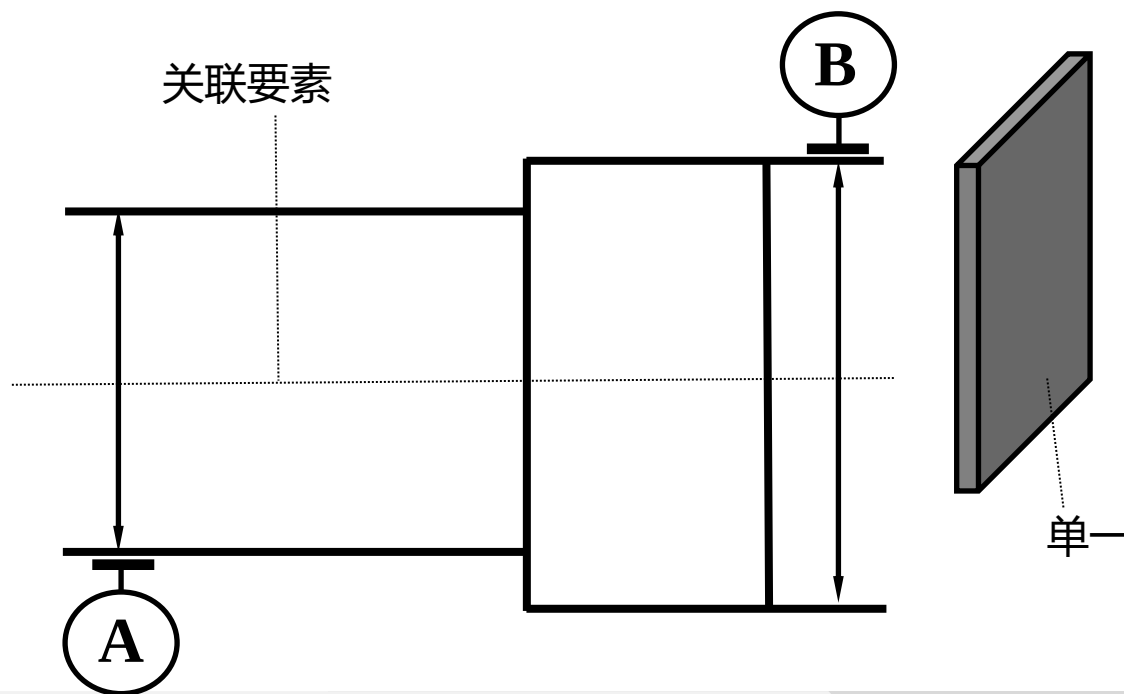
要素分类

按结构特征：中心要素、轮廓要素

按存在状态：实际要素、理想要素

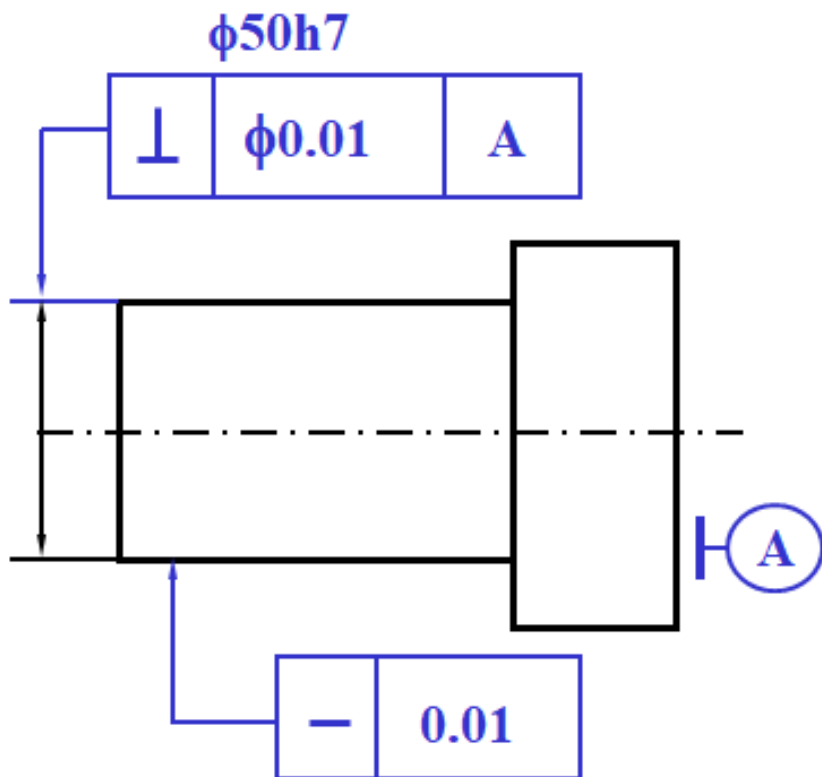
按所处地位：基准要素、被测要素

按功能关系：单一要素、关联要素





形位公差的标注



形位公差是针对零件加工所提出的要求，应表达简洁、要求明确。在图样上标注时，尽量采用代号标注

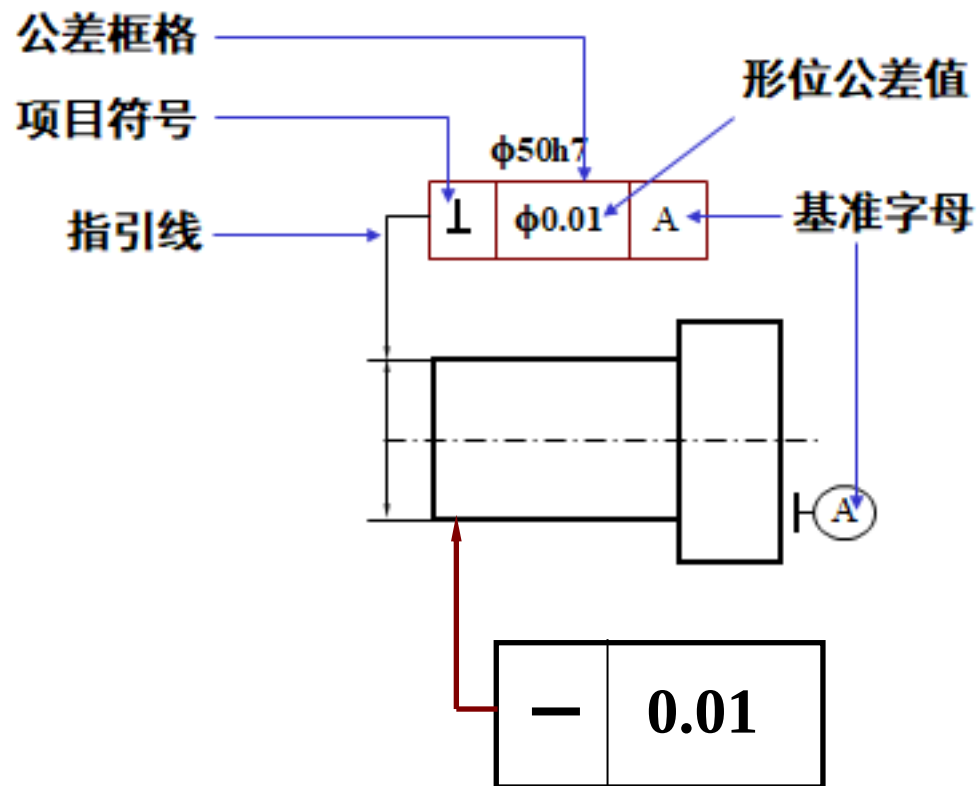
TIPS:

指引线对齐尺寸——测中心要素

指引线不对齐尺寸——测轮廓要素



形位公差标注原则



被测要素的标注：

公差框格：水平书写

指引线：垂直且唯一，折弯次数
≤2

项目符号：图中垂直度/直线度

形位公差值：φ0.01

基准字母：A



形位公差项目符号及作用

形状公差

直线度



控

平面度



形

圆 度



状

圆柱度



无

线轮廓度



基

面轮廓度



准

两种

1.无-控形状

2.有-控形位

位置公差

平行度



要基准控方向要基准控位置

垂直度



倾斜度



同轴度



对称度



位置度



位置公差

圆跳动



全跳动

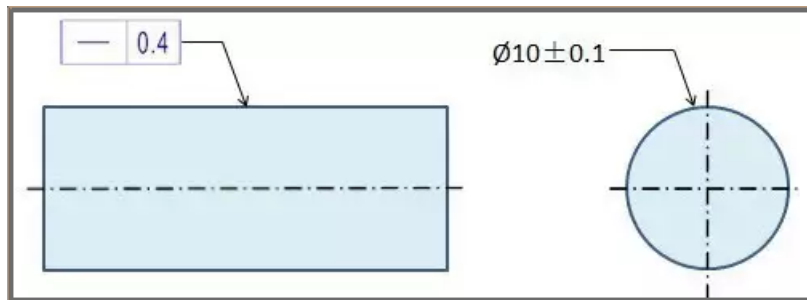


要基准控跳动

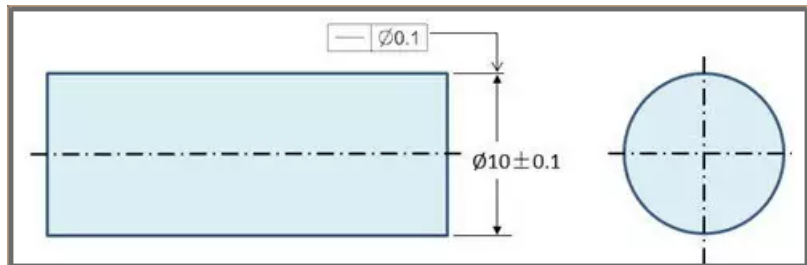
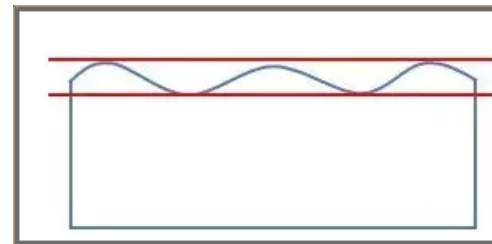
形位公差：形状和位置的公差，以位置度和轮廓度为首，可替代所有，其余的只是他们之间位置和形状的分类情况



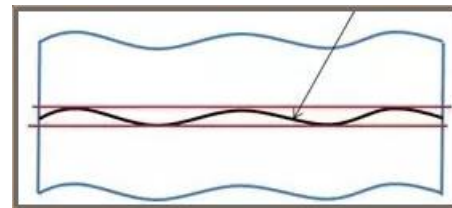
形位公差---直线度



平行线
公差带



圆柱公差带

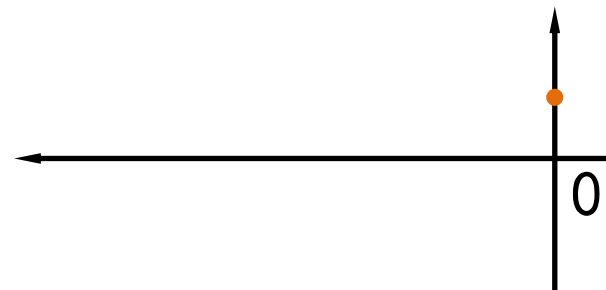
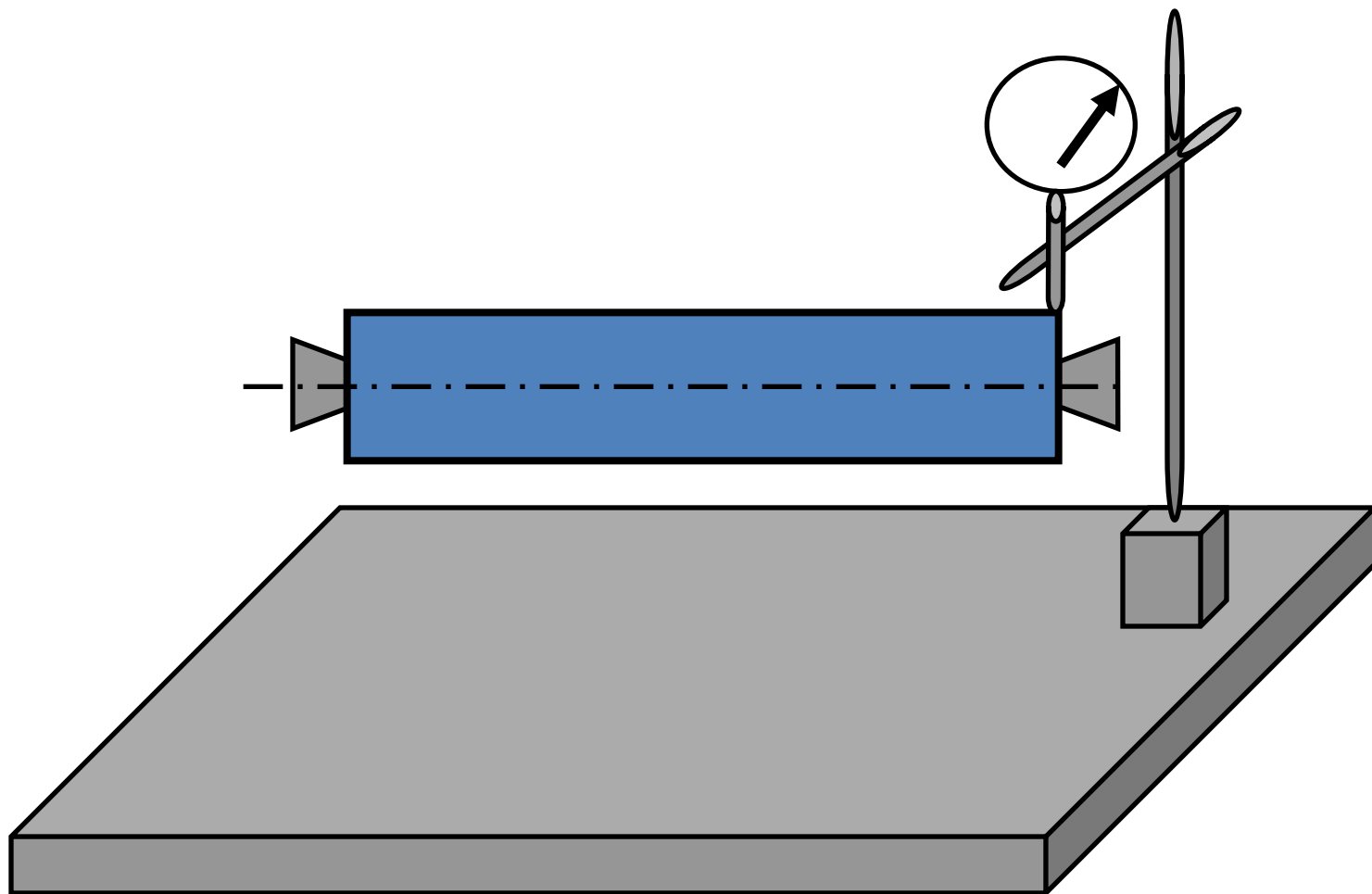


在给定区域对直线提出要求的公差带：

距离为公差值 t 的一对平行直线之间的区域，只要被测直线不超出该区域即为合格

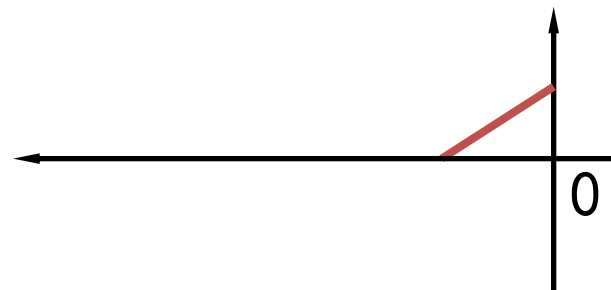
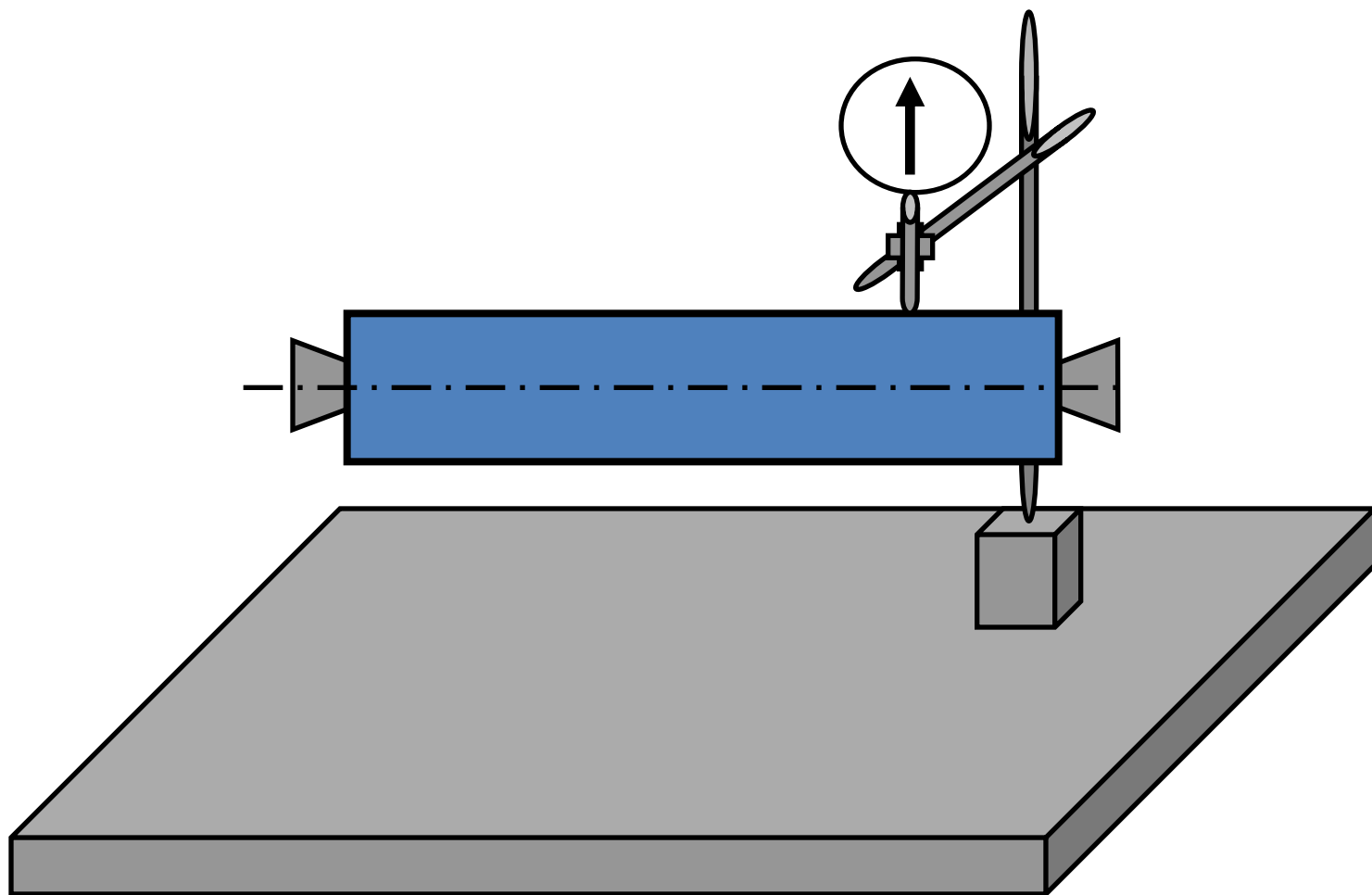


直线度测量



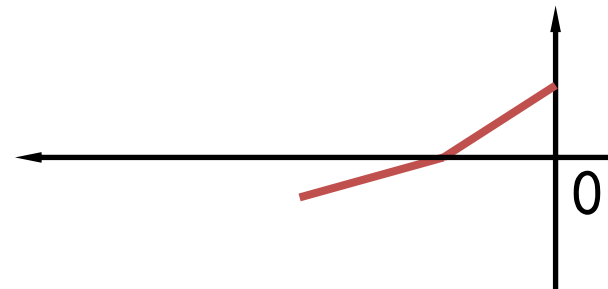
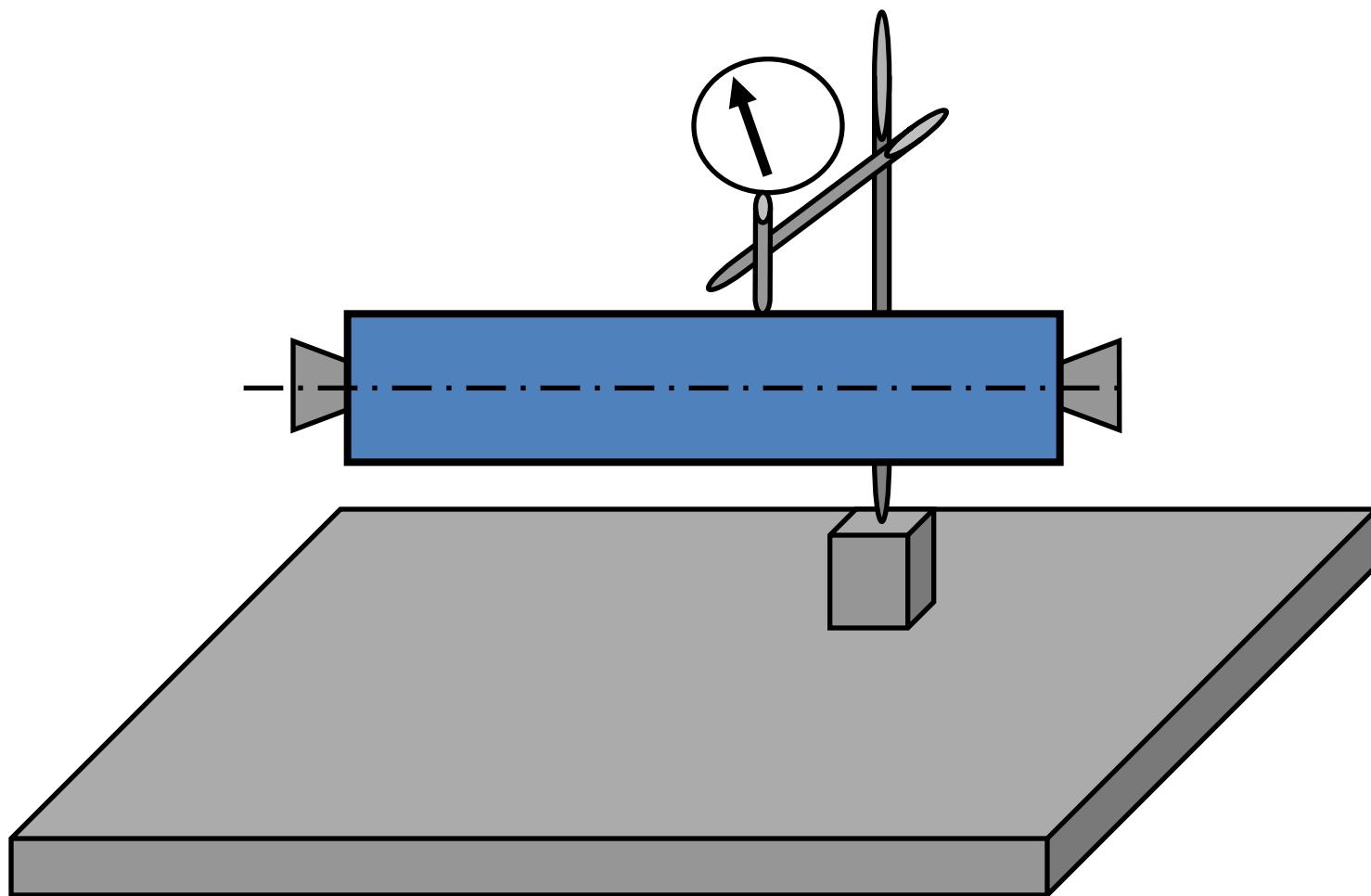


直线度测量



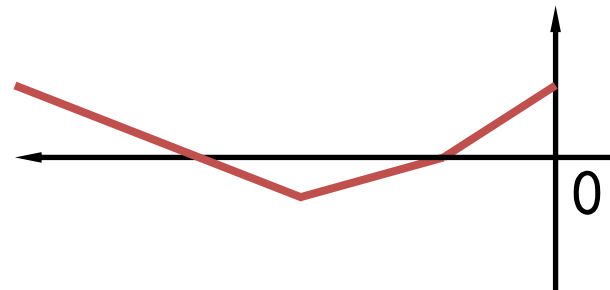
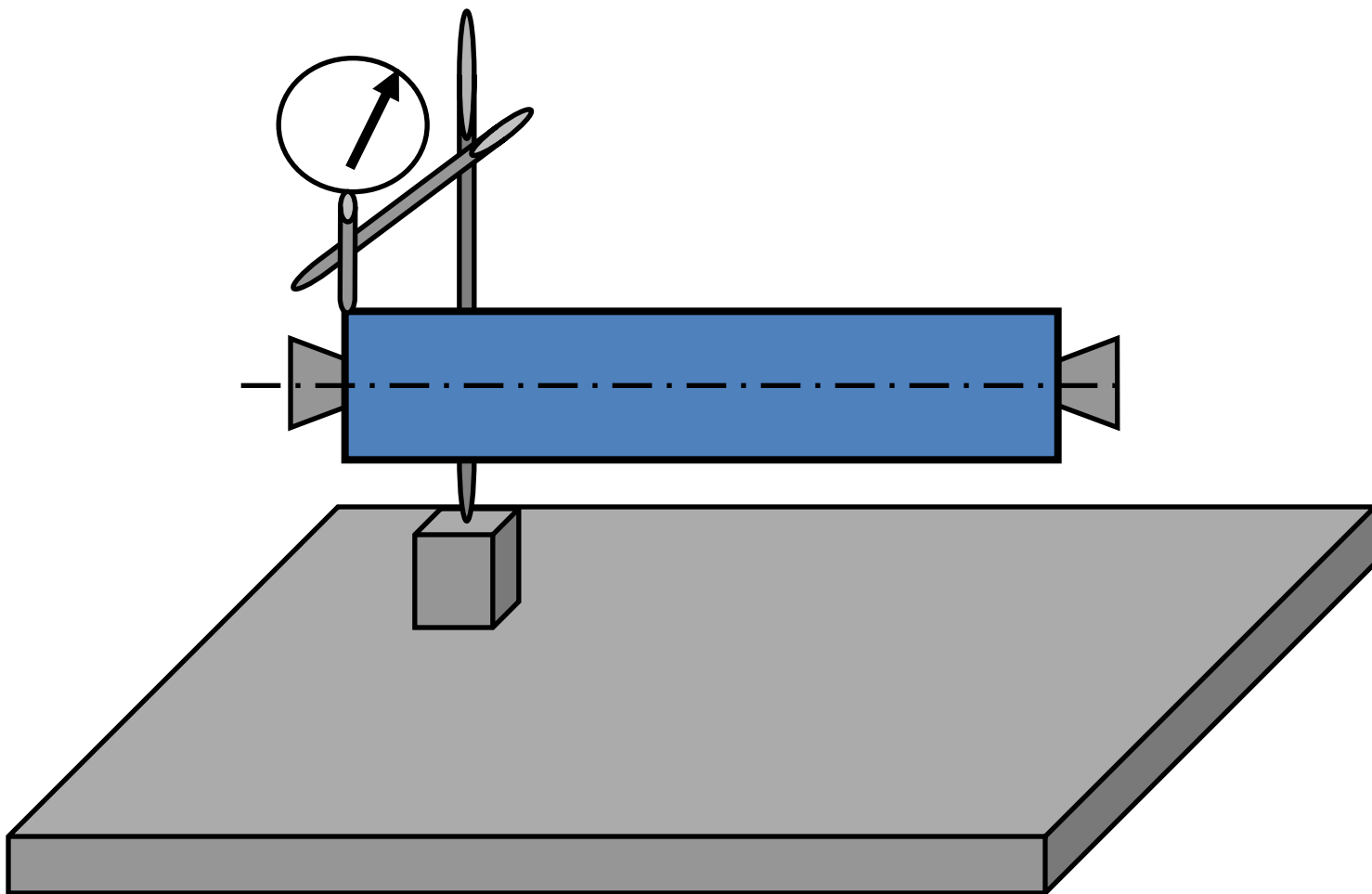


直线度测量



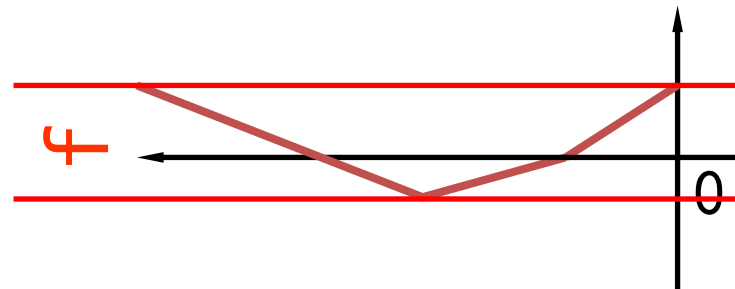
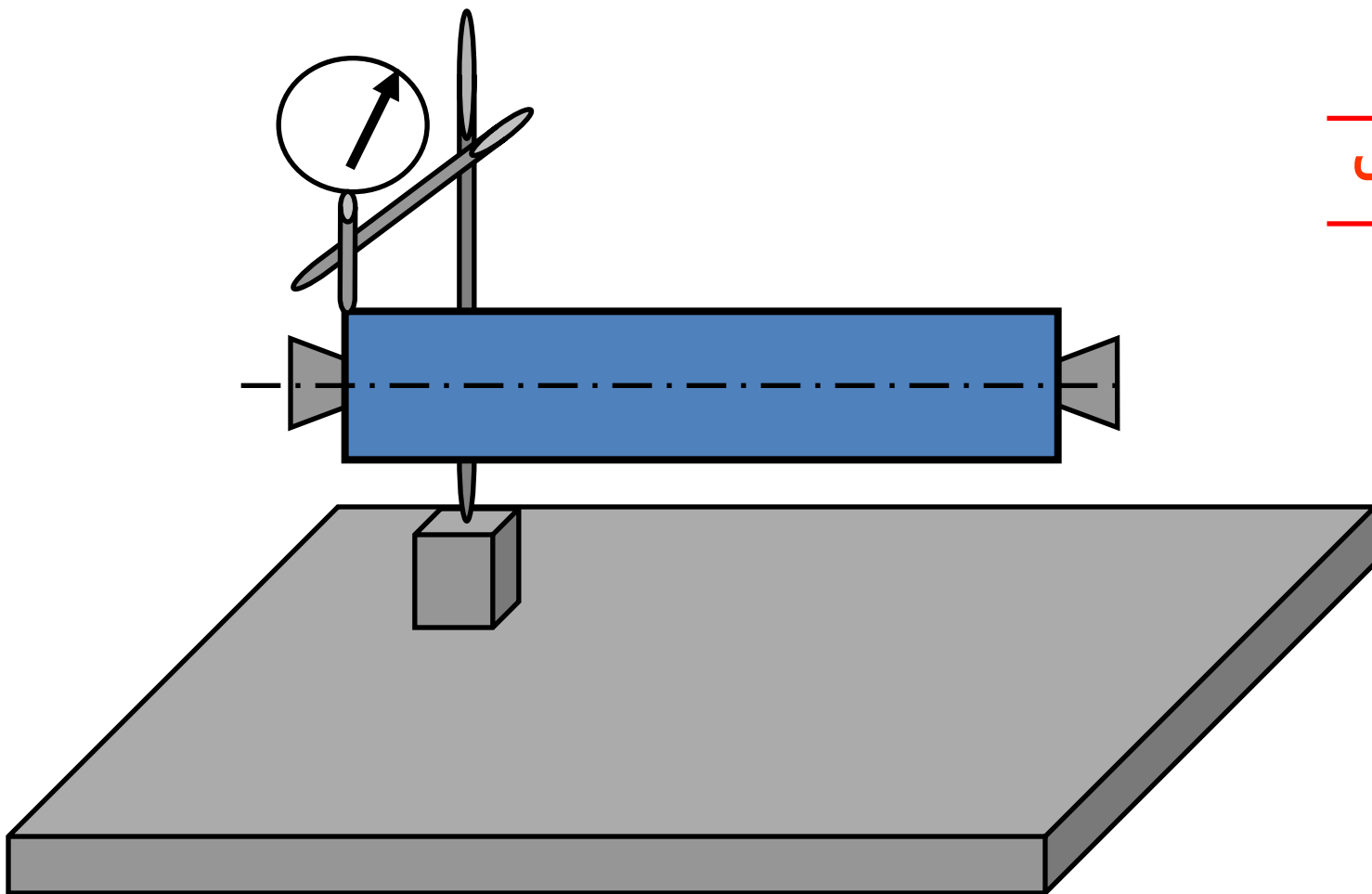


直线度测量





直线度测量



包容被测直线的最窄平行线距离即为 f , 公差要求为 t

合格条件:

$$f \leq t$$



直线度测量

不合格!



合格!

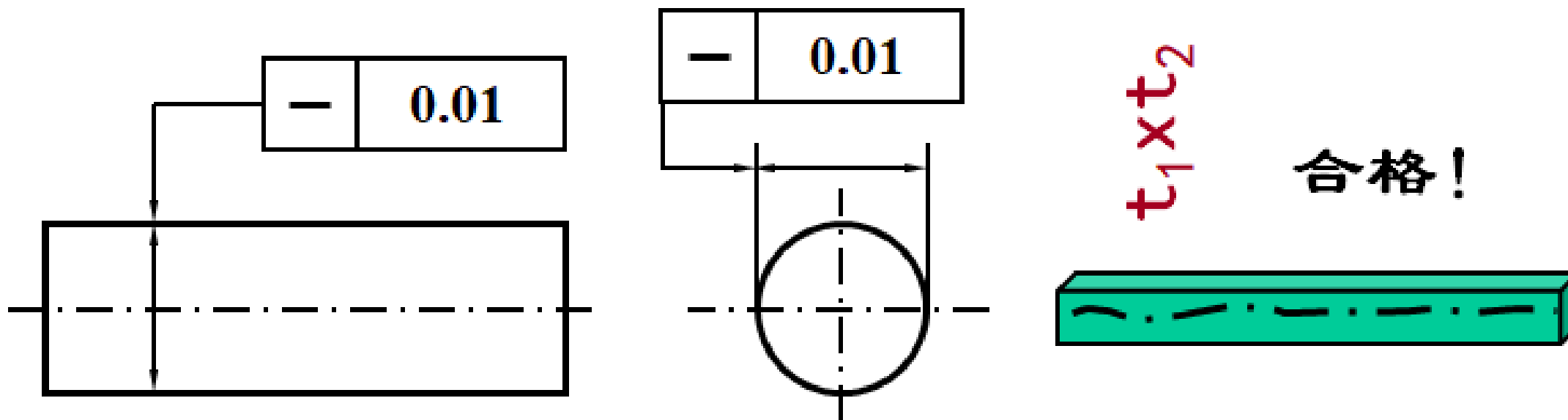


说明:

实际直线在公差带 t 内即为合格, 被测要素与基准无关, 公差带可以随被测要素浮动



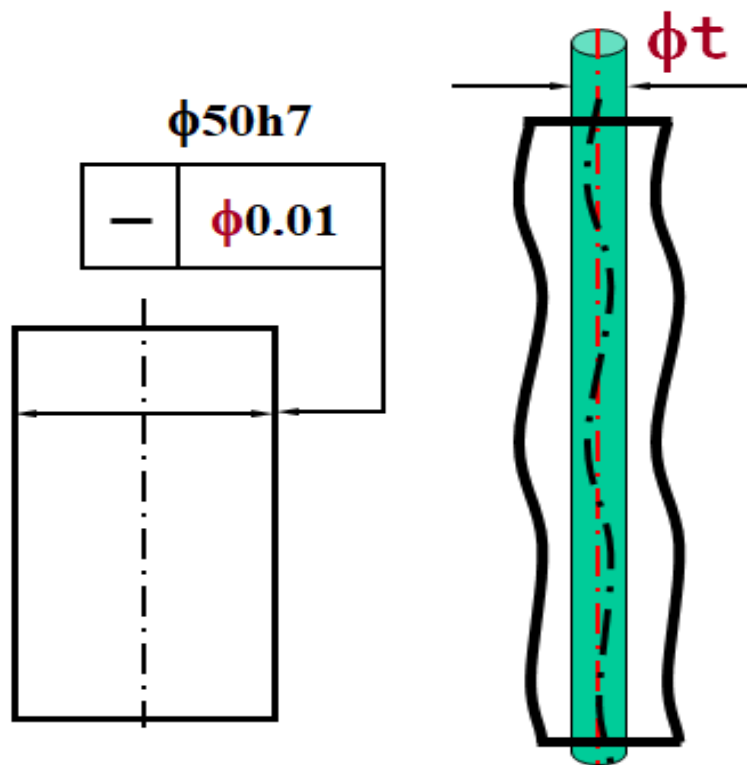
直线度测量



在相互垂直的两个方向上对实际直线提出要求，即在这两个方向分别标注公差框格，公差带是一个 $t_1 \times t_2$ 的四棱柱面围成的区域，只要被测直线不超出该区域即为合格



直线度测量

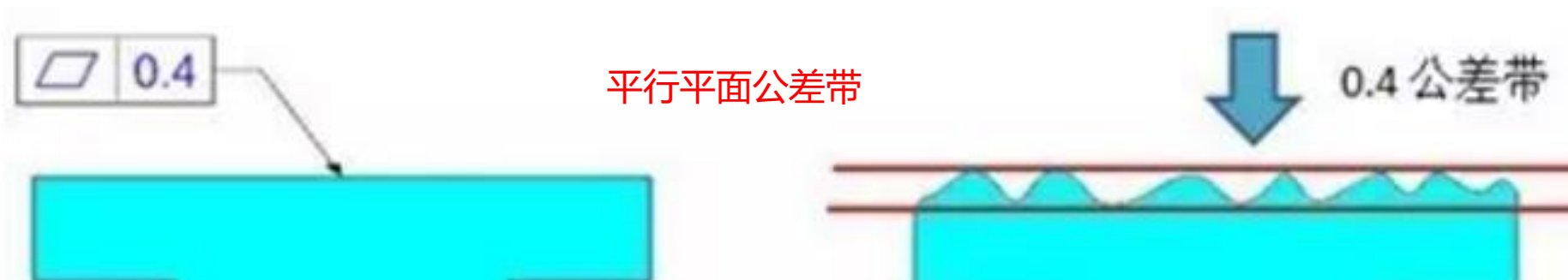


在任意方向上对实际直线提出要求，公差带是一个直径为公差值 t 的圆柱面内的区域，只要被测直线不超出该区域即为合格

1. 测量长度要覆盖要求范围
2. R角、圆弧、棱角避让
3. 直线度计算方式为最小二乘法



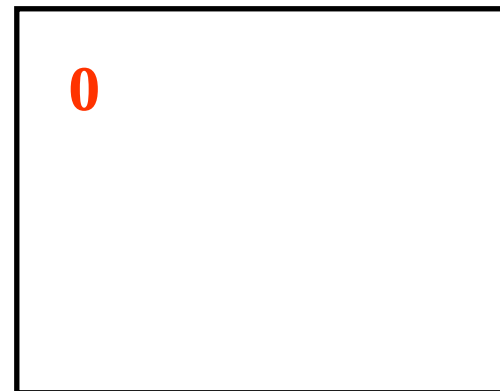
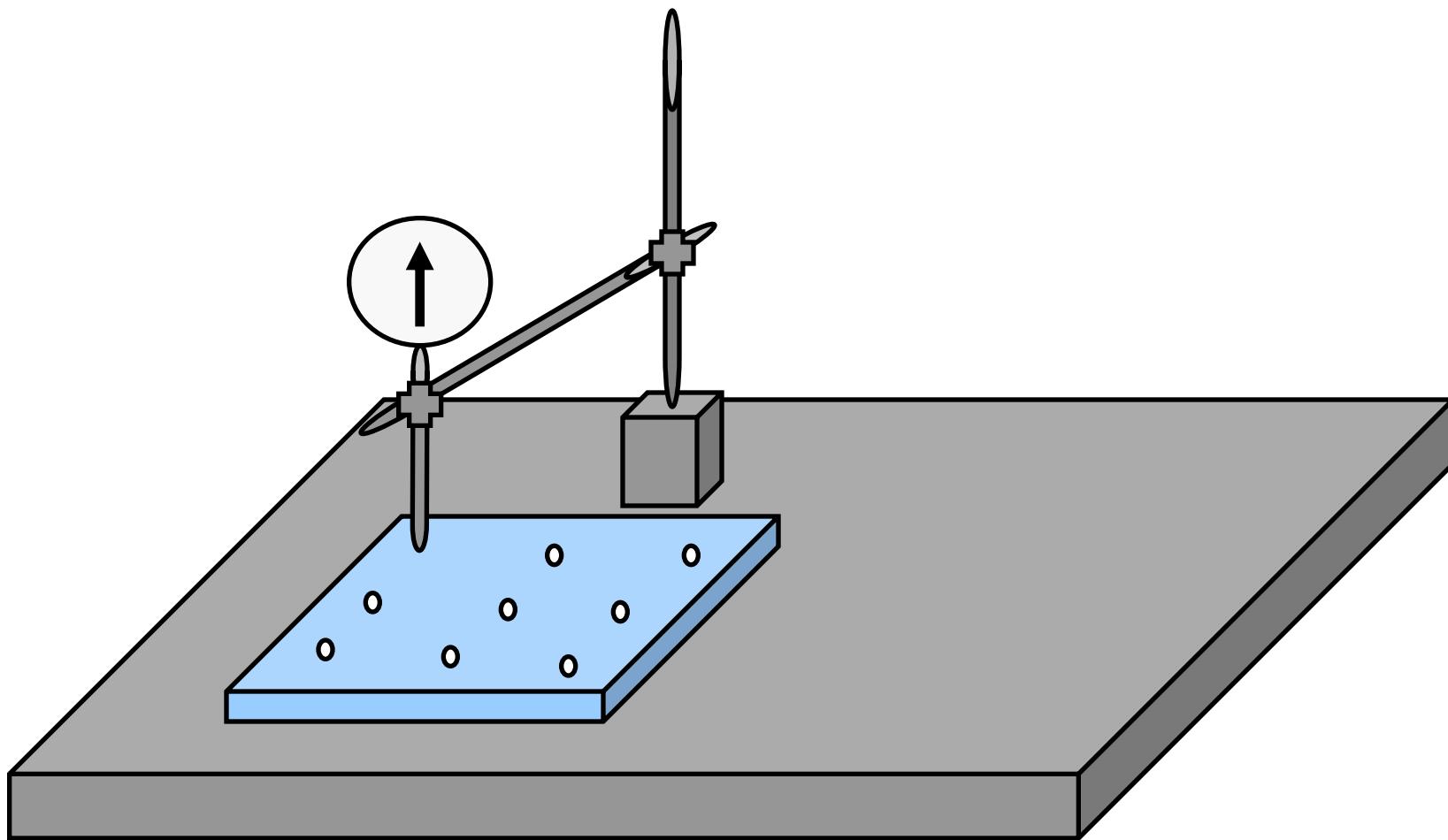
形位公差---平面度



在给定区域对平面提出要求的公差带：
距离为公差值 t 的一对平行平面之间的区域，只
要被测区域不超出该区域即为合格。

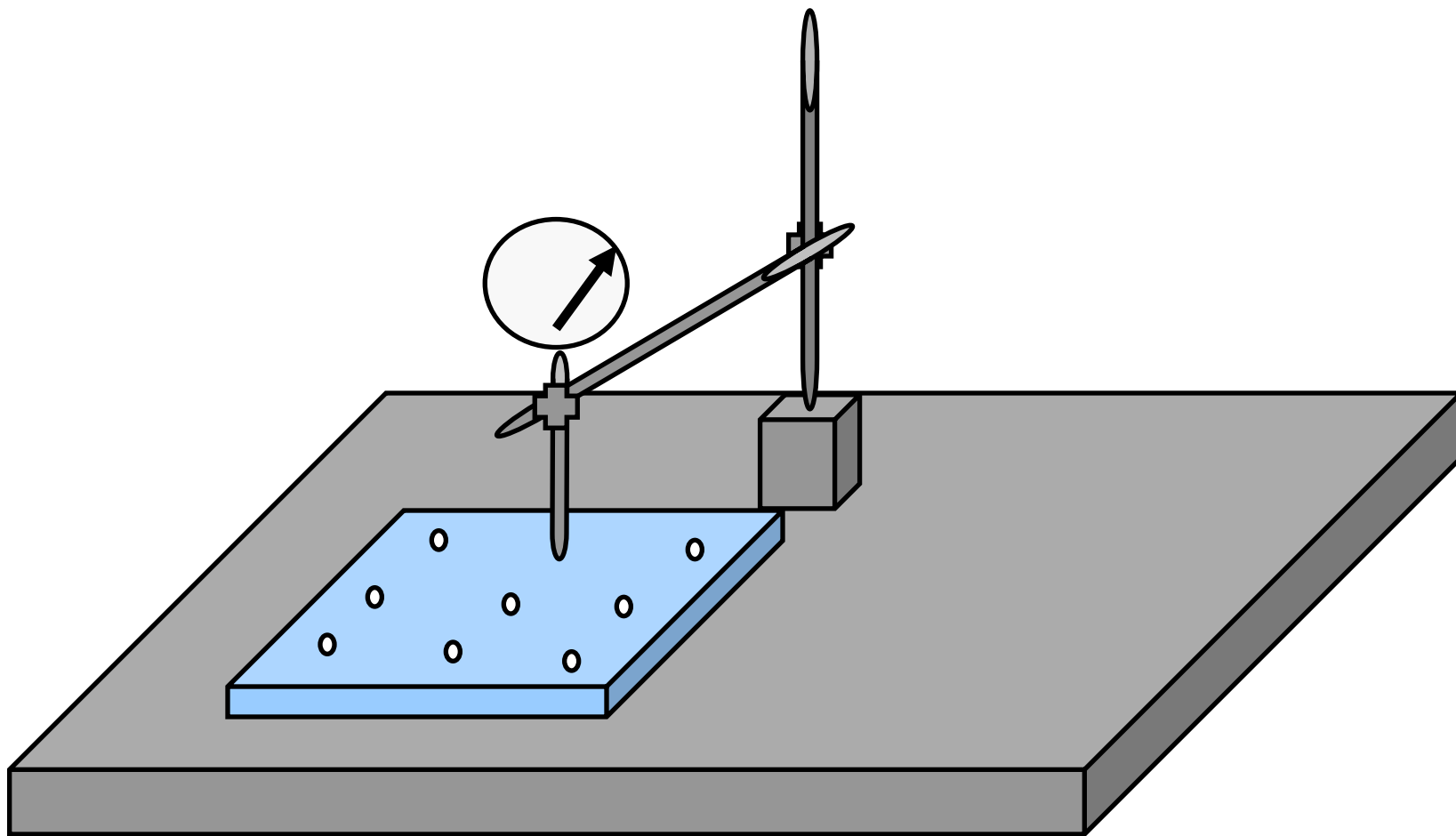


平面度





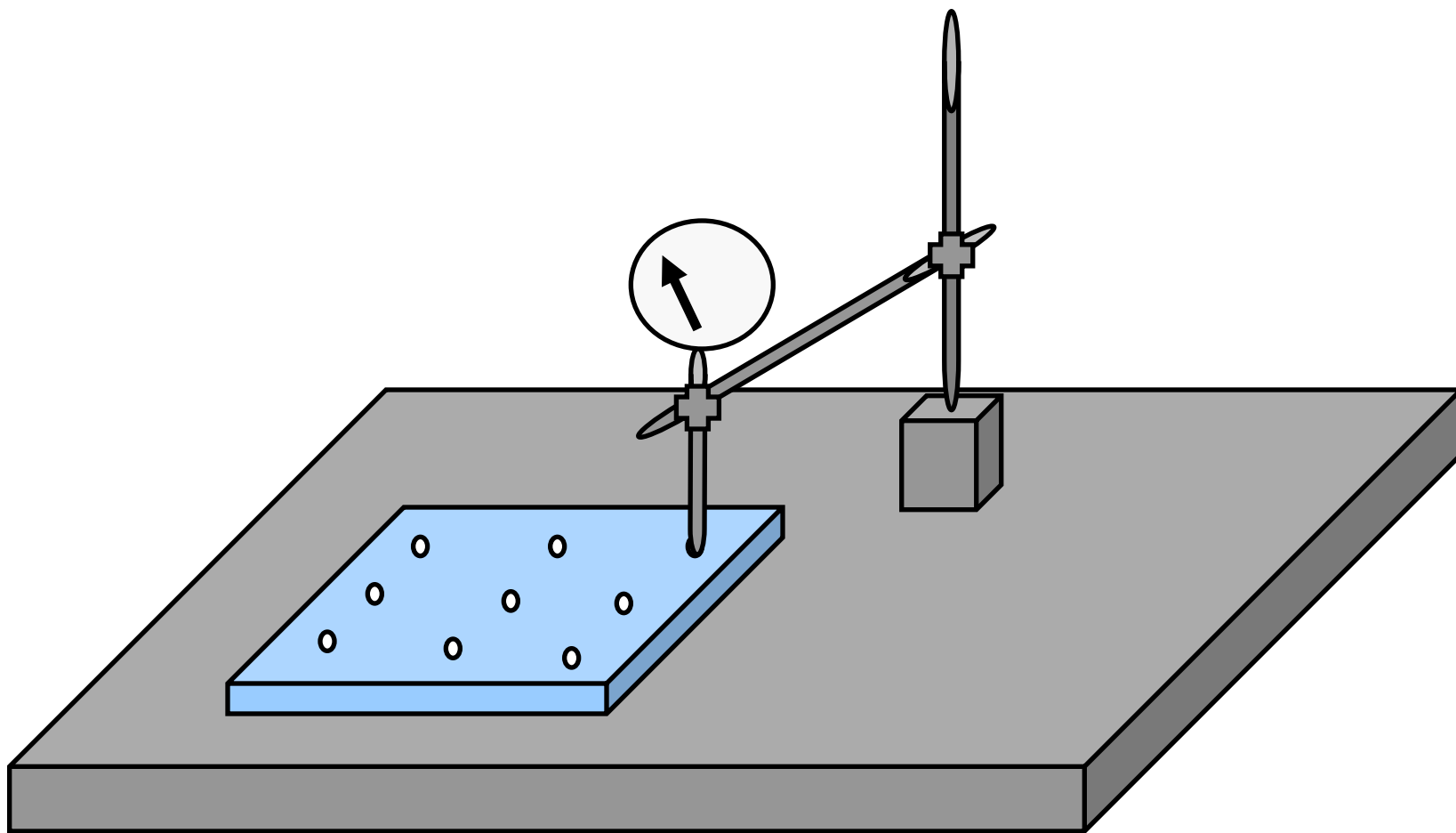
平面度



0	+8
---	----



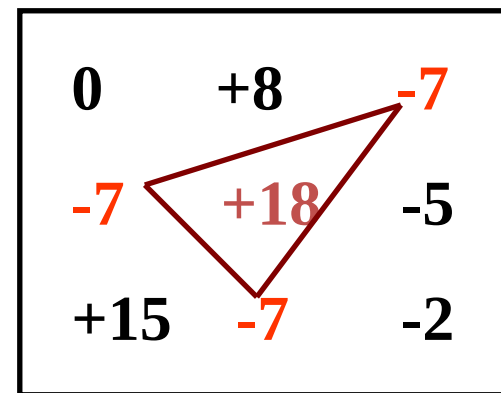
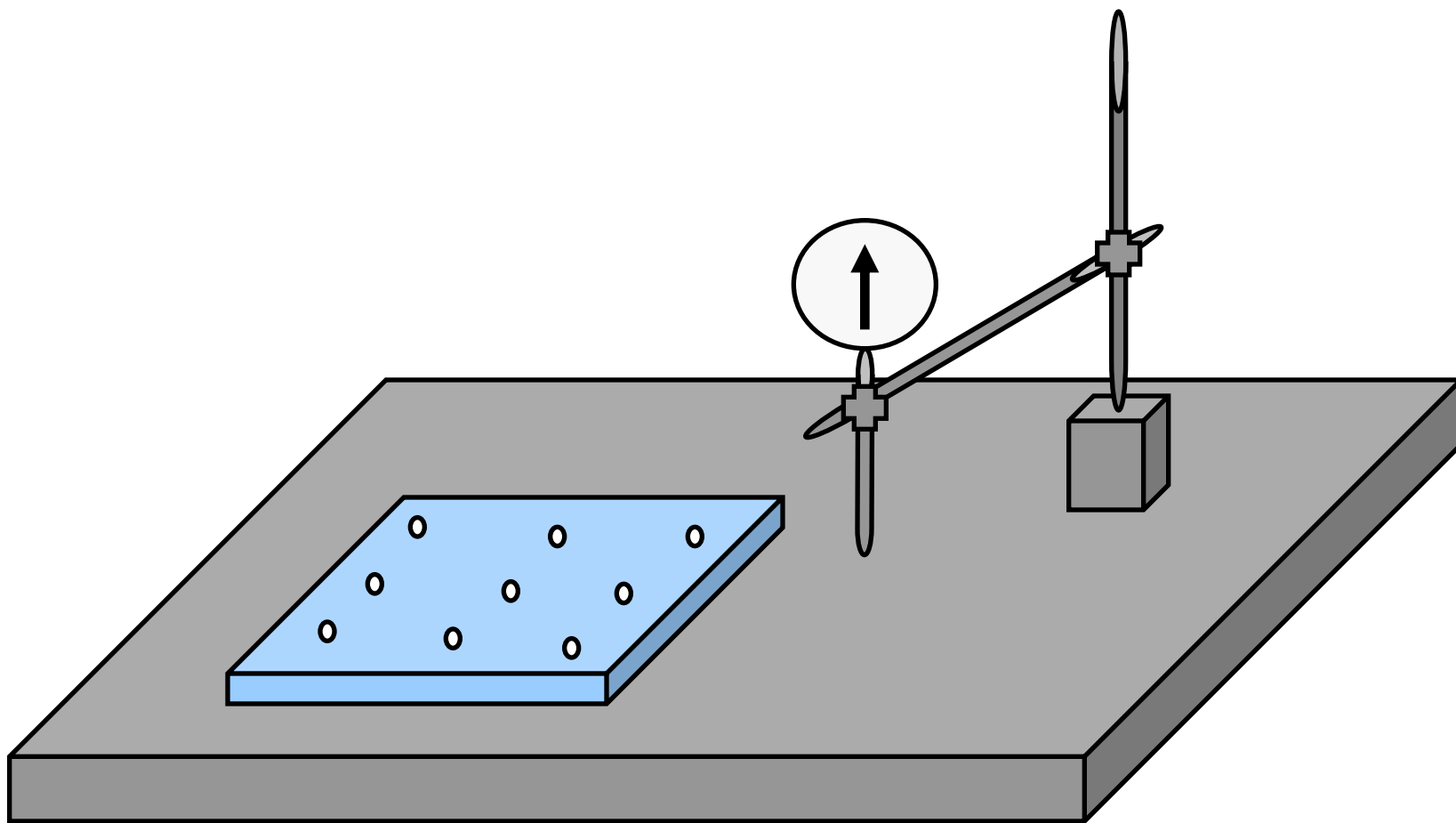
平面度



0	+8	-7
---	----	----



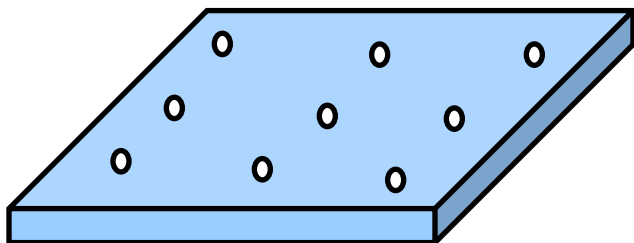
平面度



计算以上点位平面度，最大25um，和公差比较即可，计算方式不同，结果会有轻微差异



平面度

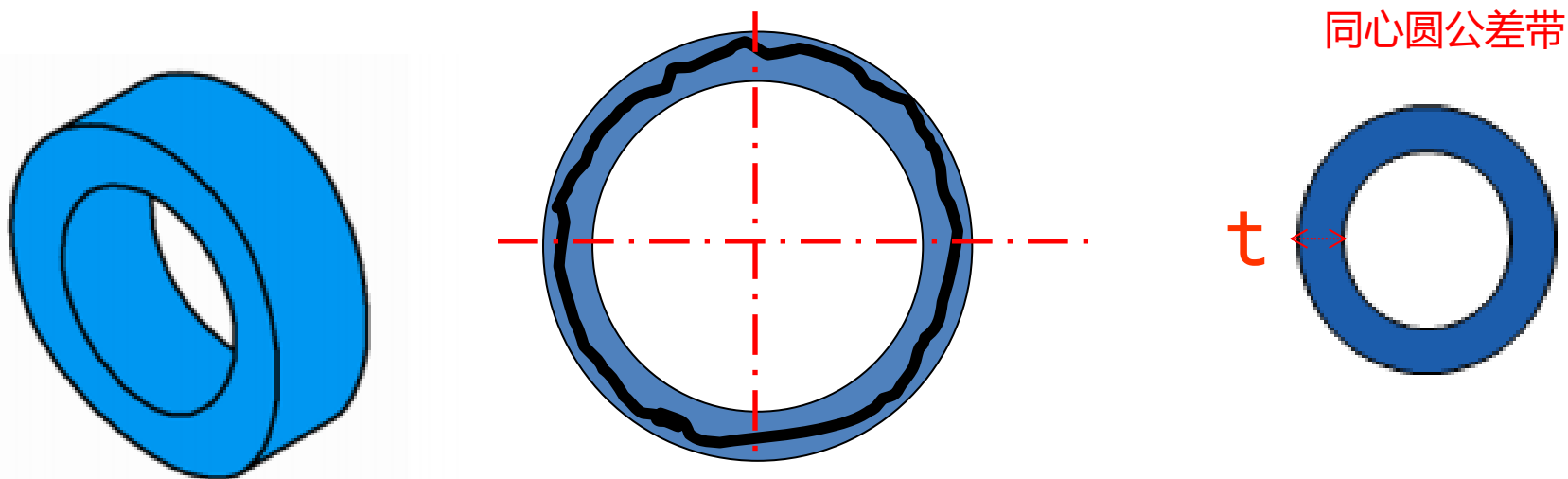


上述方法测量为常规测量；实际测量过程中，被测平面的角度，平行度对测量结果有影响因素存在，计算方式也会影响测量结果。

1. 现平面度检测通常采用2.5次元/三次元均布取点拟合平面计算，重复性较好
2. 也可采用周圈取少数点，拟合平面，再去定位测量矢量点，输出各测量点的矢量偏差进行平面度偏差分析



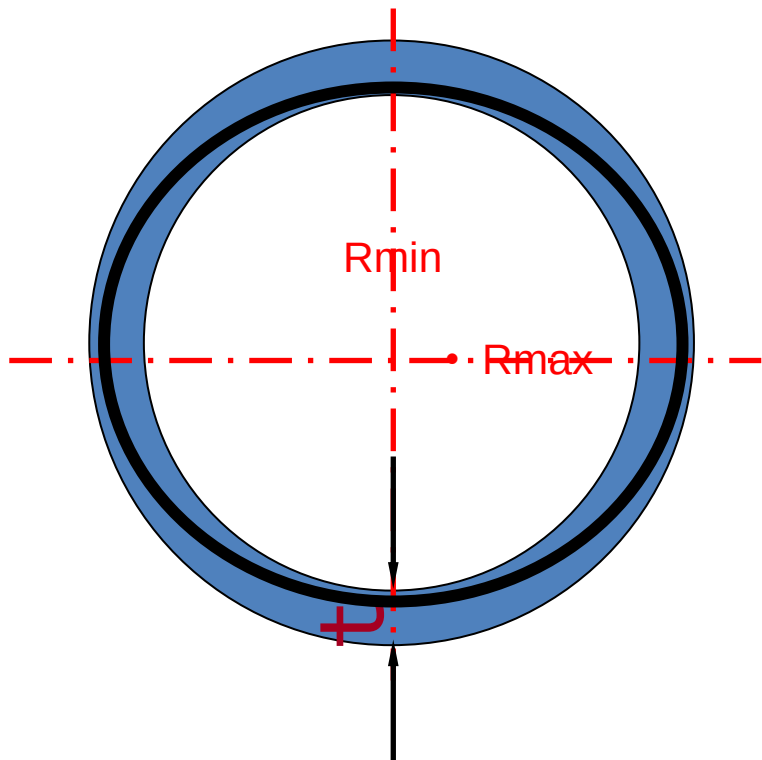
形位公差---圆度



在给定区域对半径提出要求的公差带：
距离为公差值 t 的两同心圆之间的区域，只要被测区域不超出该区域即为合格



圆度



圆度也可叫**径（半径）向偏差**

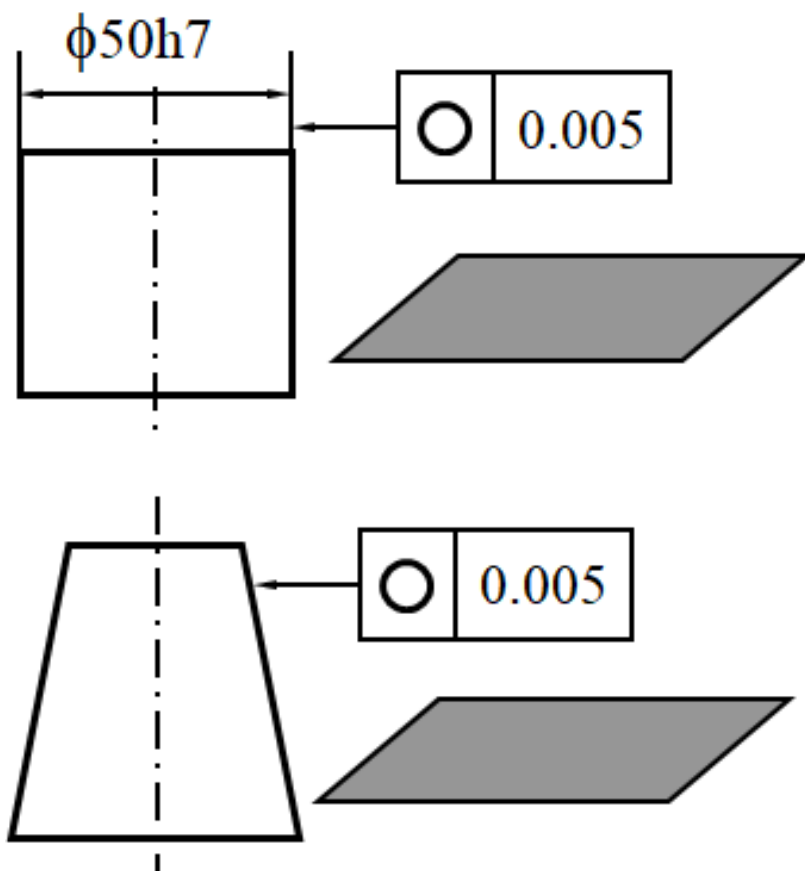
$$f = R_{\max} - R_{\min}$$

$f < t$ **合格**

$f > t$ **NG**



圆度



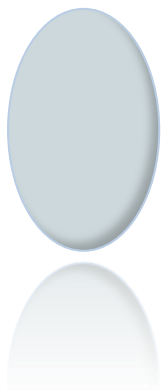
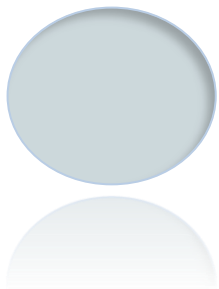
被测圆柱面任一正截面上的圆周位于**半径差**为公差值 t 的两同心圆之间即为合格。此时，可以认为被测圆周长度误差值（圆度误差带的半径差） f 小于等于公差值 t

正截面（斜切为椭圆）

测圆要定向



圆度



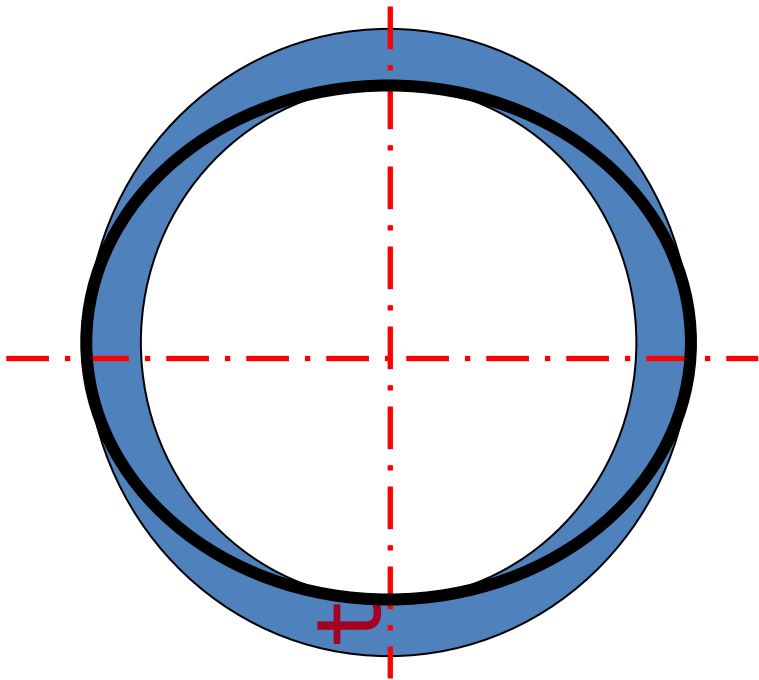
同人同测量机台
为啥测量不一致？

取点原则：

实际产品加工中，有变形、震动、热胀冷缩等各方面的影响因素存在，如手表的表圈内外直径，产品越薄，变形程度越大，这种时候就需要固定方向和位置，均布或者加大取点密度



圆度

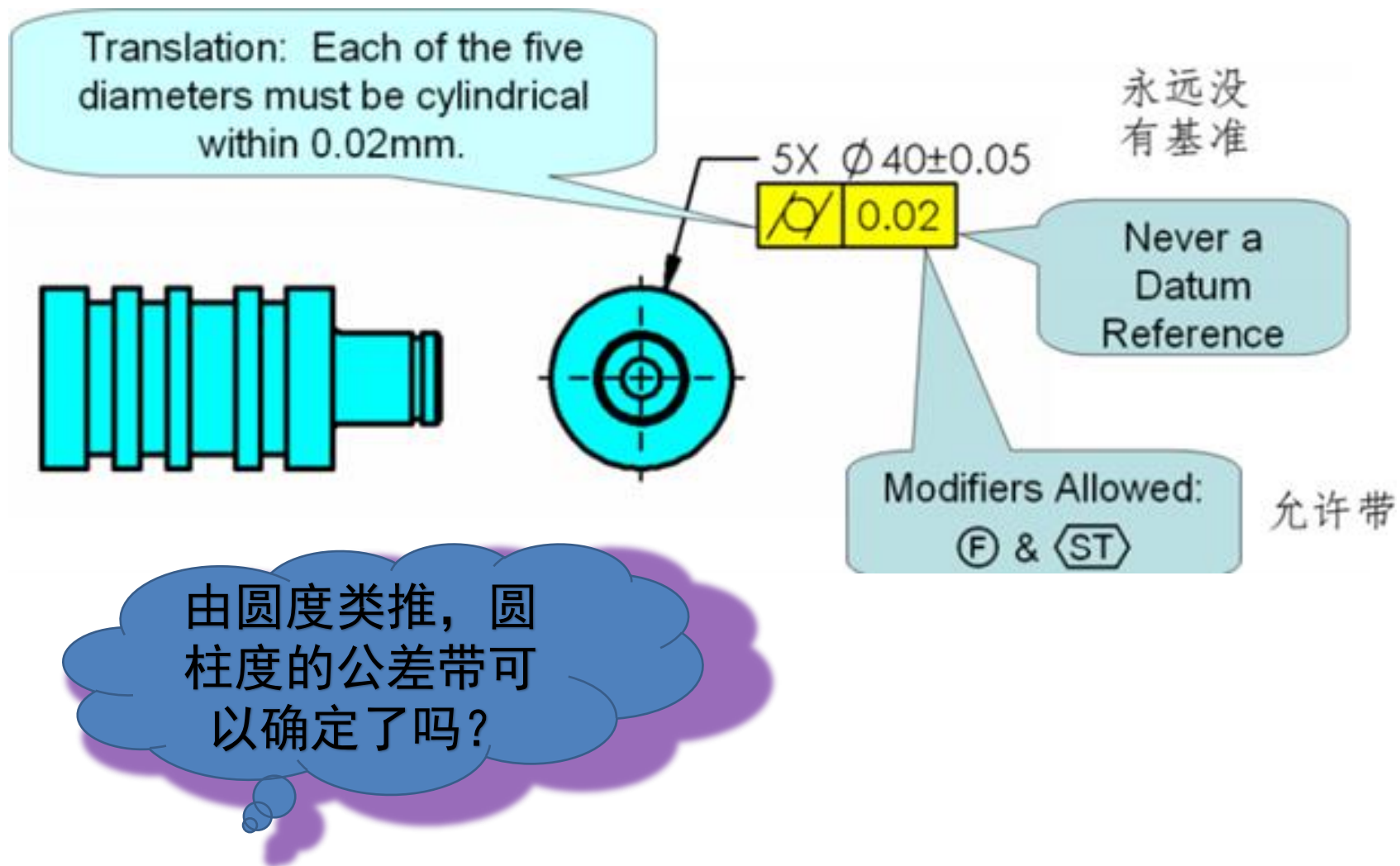


计算方式：

1. 一般情况最小二乘法
2. 考虑装配要求，选择最小区域法，即最大内切圆与最小外接圆的包容区域宽度
(图中蓝色区域)
3. 与被测要素半径无关

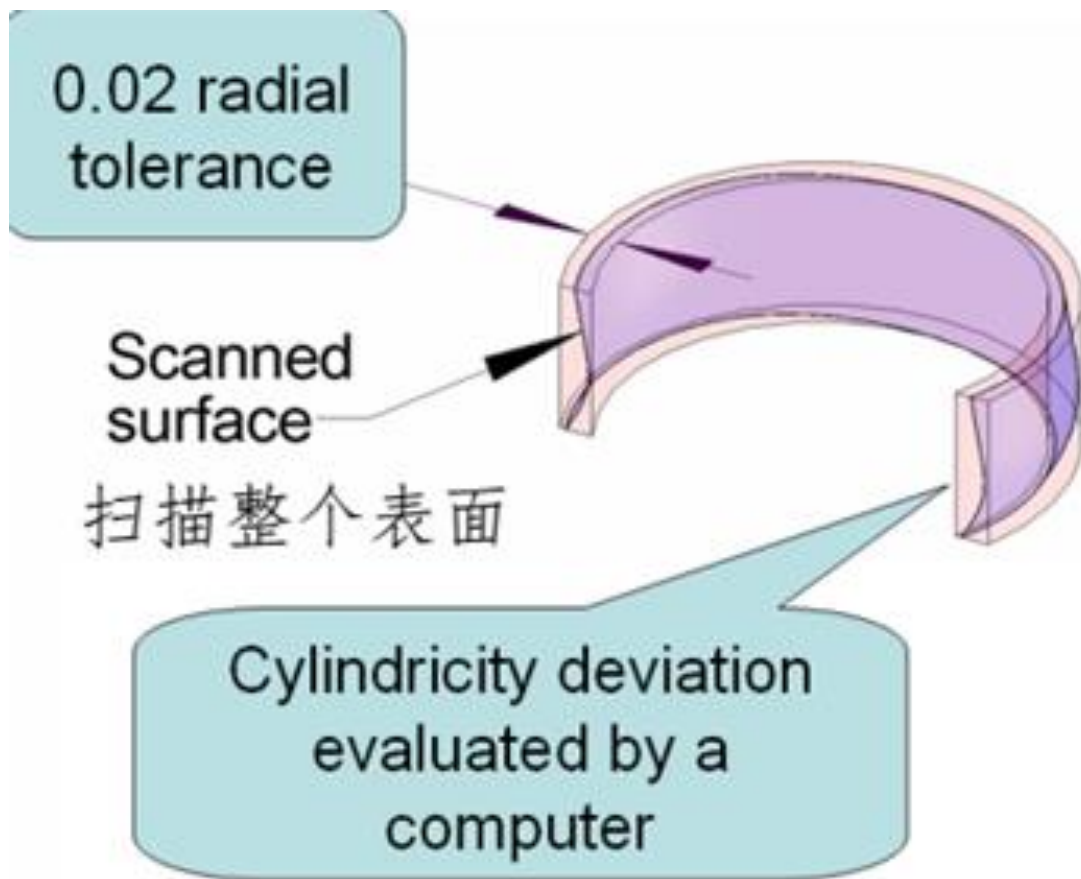


形位公差---圆柱度





圆柱度



说明：

1. 圆柱度是测量轮廓要素——表面轮廓
2. 没有基准参考
3. 圆度公差是两个同心圆之间的区域，加上直线度控制的区域，形成圆柱度公差带

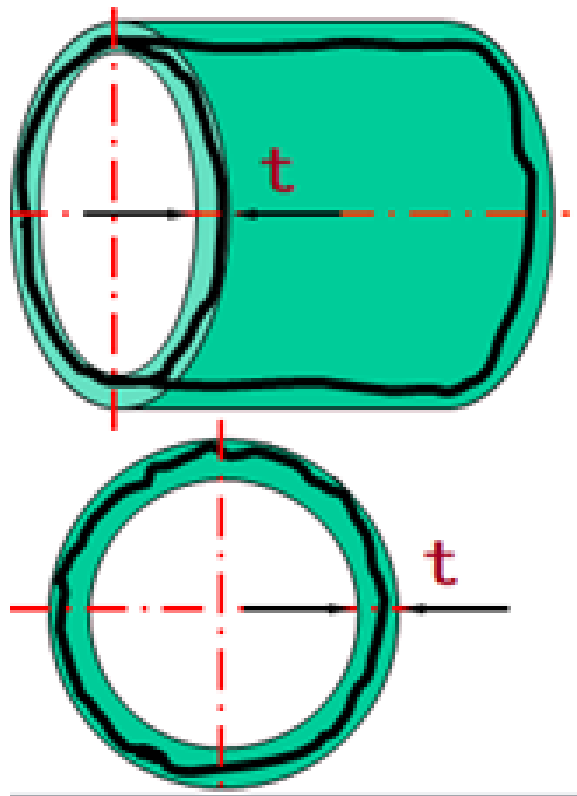
圆柱度等于同时控制柱体

圆度和圆柱母体的**直线度**

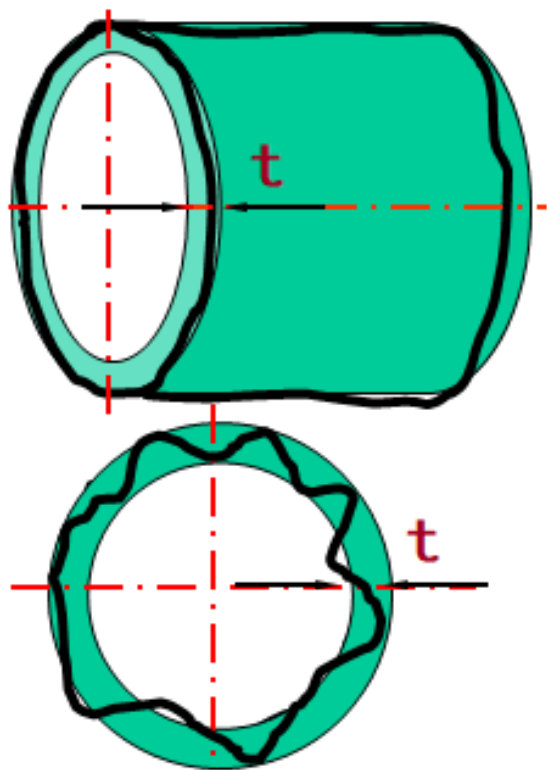


圆柱度

合格!

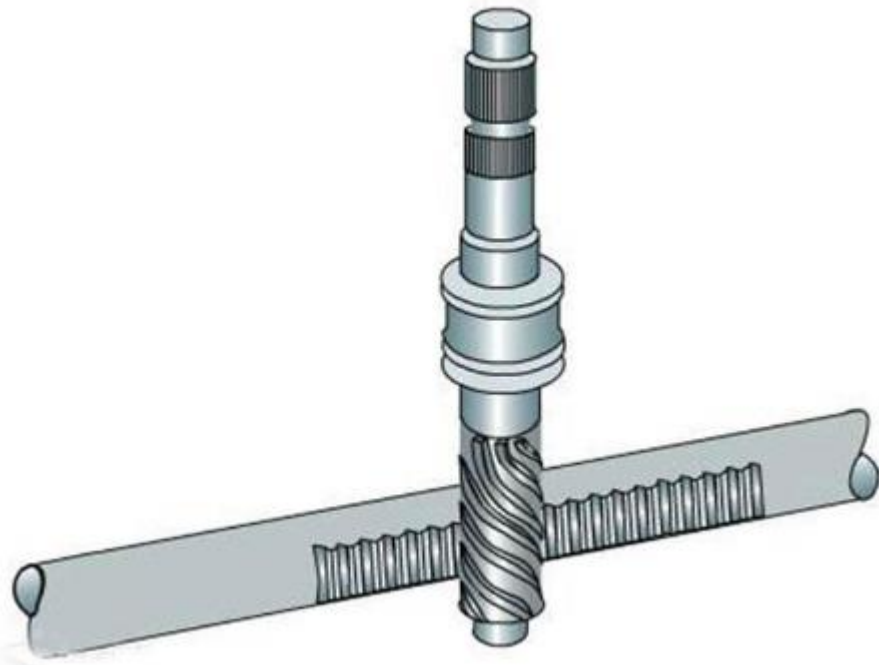


不合格!





圆柱度



圆柱度是指任一垂直截面最大尺寸与最小尺寸差。圆柱度误差包含了轴剖面 and 横剖面两个方面的误差。圆柱度的公差带是两同轴圆柱面间的区域，该两同轴圆柱面间的径向距离即为公差值。测量方法有两点法、三点法、三坐标测量法、圆度仪等测量方法

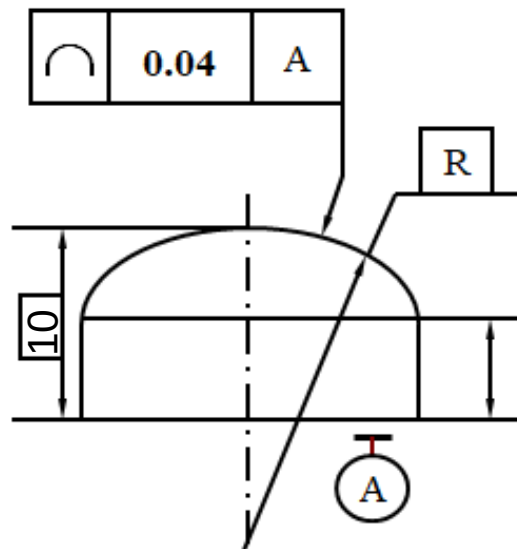
应用举例：

转向机齿条与密封轴承配合

凸轮轴与阀套的配合



形位公差---线轮廓度

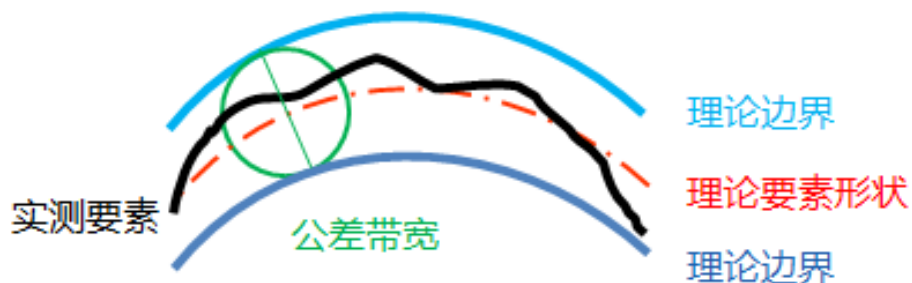


1. 不带基准（控制形状）

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，诸圆心位于具有理论正确几何形状的曲线上，如：圆度

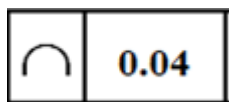
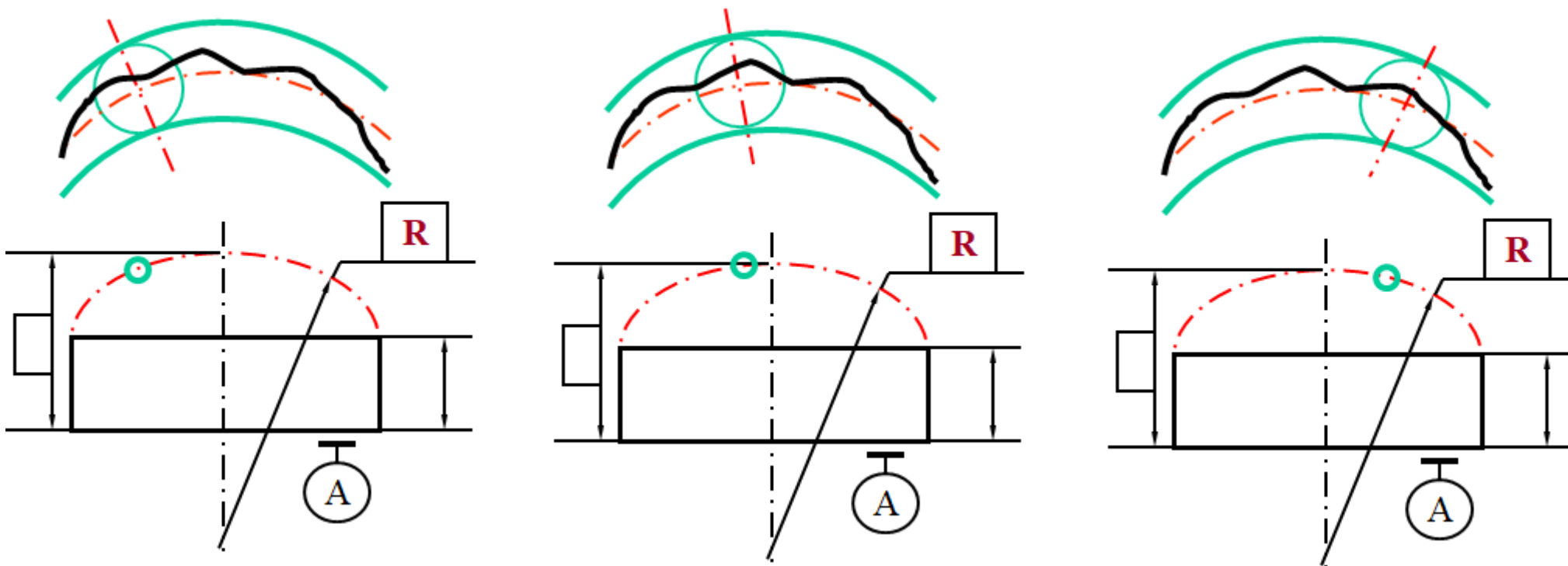
2. 带基准（既控制形状又控制位置和大小）

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，诸圆心位于具有理论正确几何形状的曲线上，且位置正确大小合格 如图10的理论尺寸需要保证 10 ± 0.02

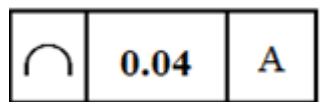




线轮廓度



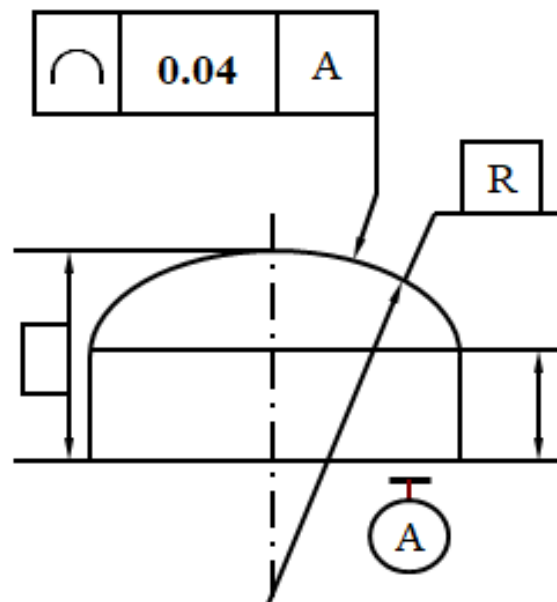
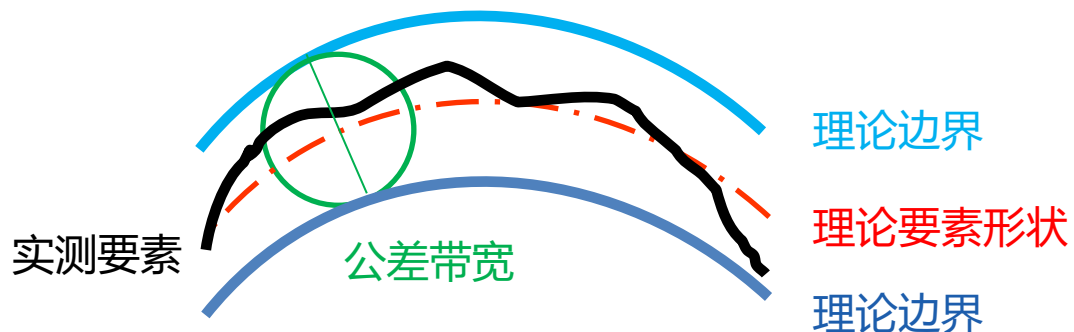
1. 曲线可旋转平移，只管控形状，公差带是跟随浮动的



2. 曲线的位置和方向受到A基准限制，平面A基准控制曲线到平面的高度平移，也控制了围绕X轴与Y轴的旋转（3个自由度）



线轮廓度



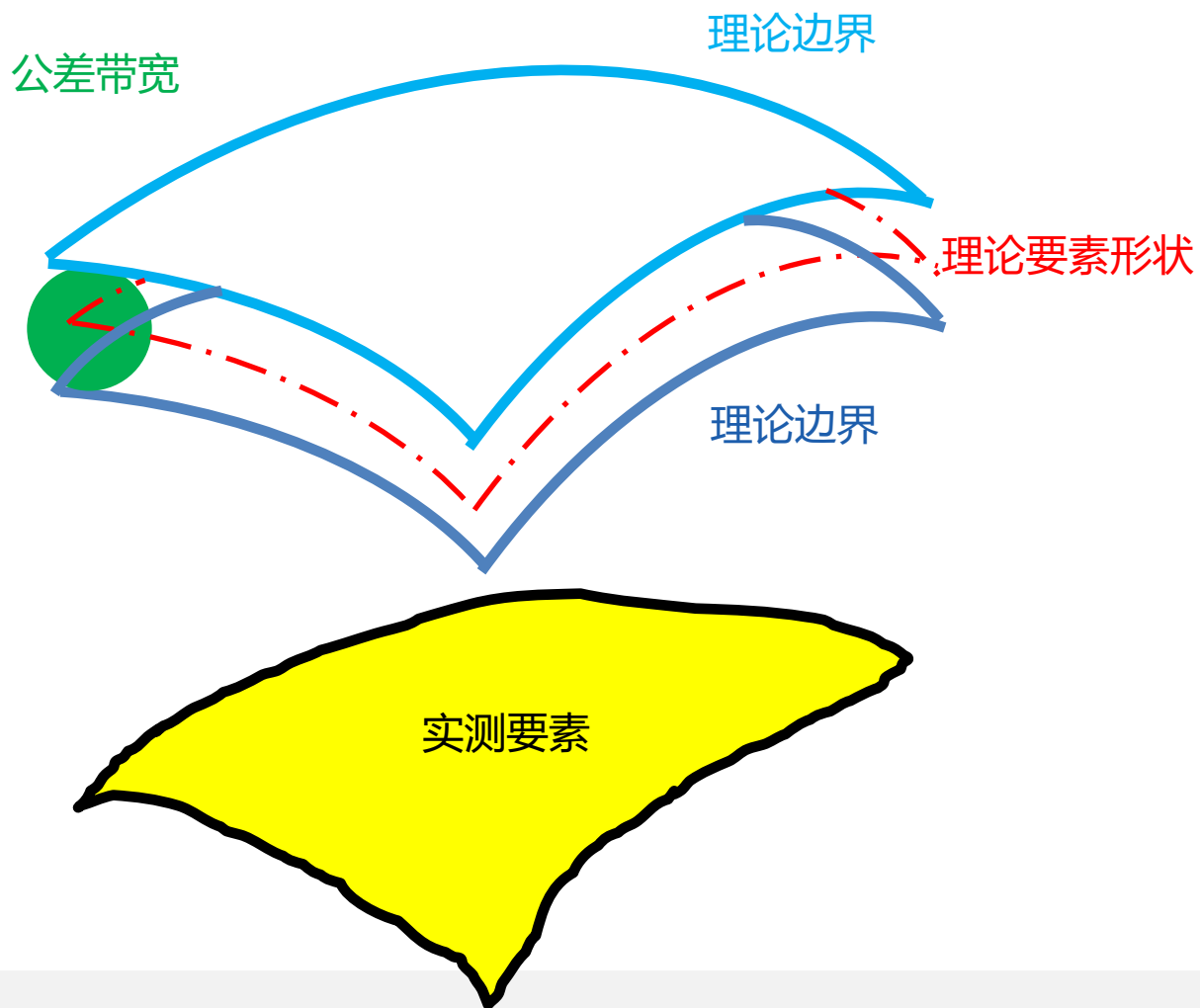
1. 线轮廓度、面轮廓度作为被测要素，如果只管控形状、尺寸的正确与否，不需要带基准

直线度/圆度——线轮廓度的特殊情况

2. 带基准的目的是限制某个方向和位置的平移，或是全面限制曲线的整体形状、位置、方向和尺寸

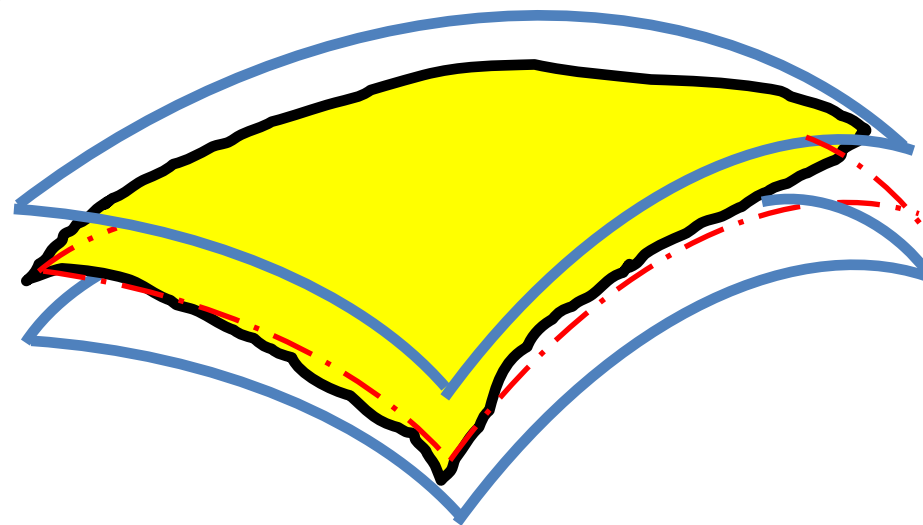


形位公差---面轮廓度



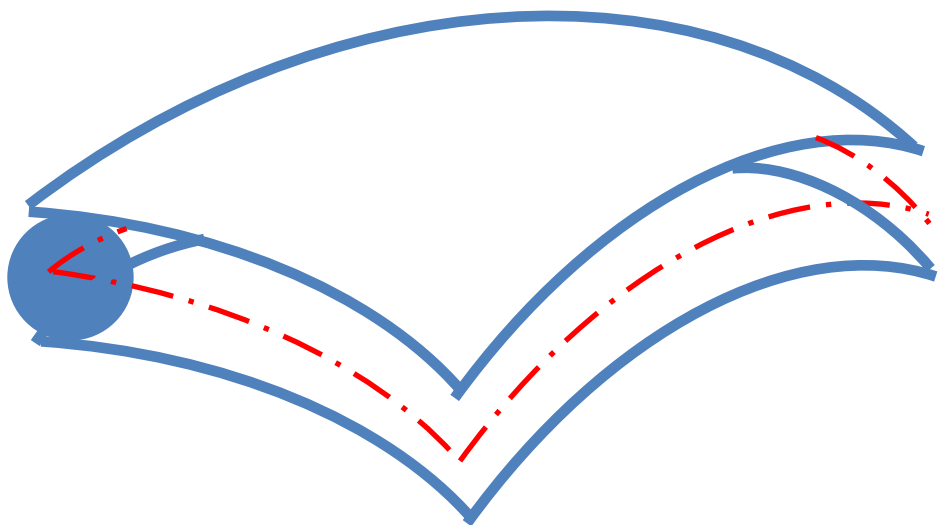
公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域，诸球心位于具有理论正确几何形状的曲面上。被测轮廓面应位于该区域内

理论边界**是否包络**实测要素是判定依据



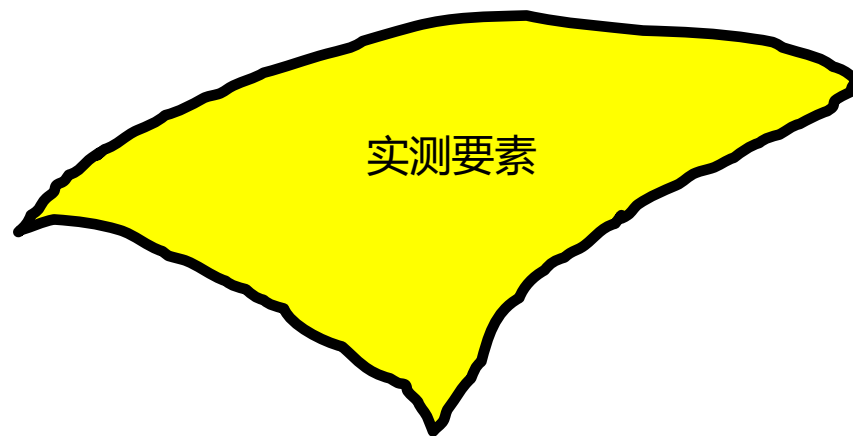


面轮廓度



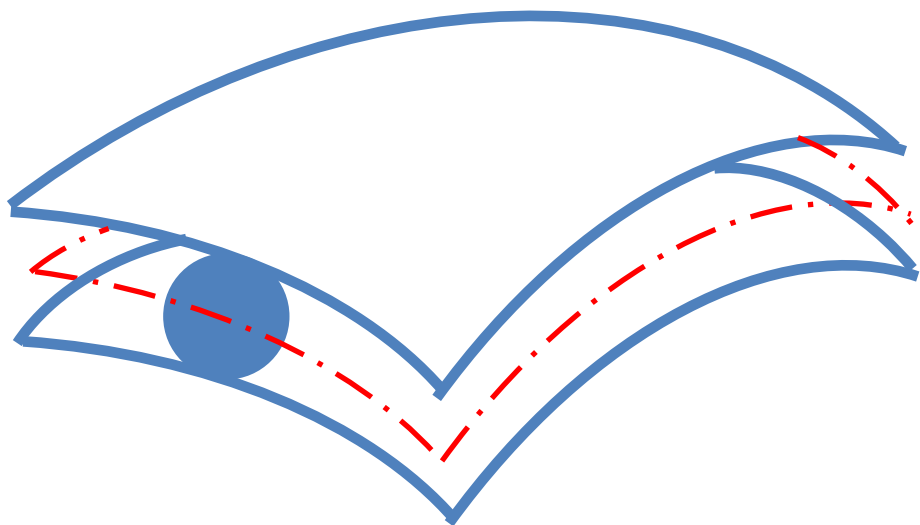
公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域，诸球心位于具有理论正确几何形状的曲面上。被测轮廓面应位于该区域内

理论边界**是否包络**实测要素是判定依据



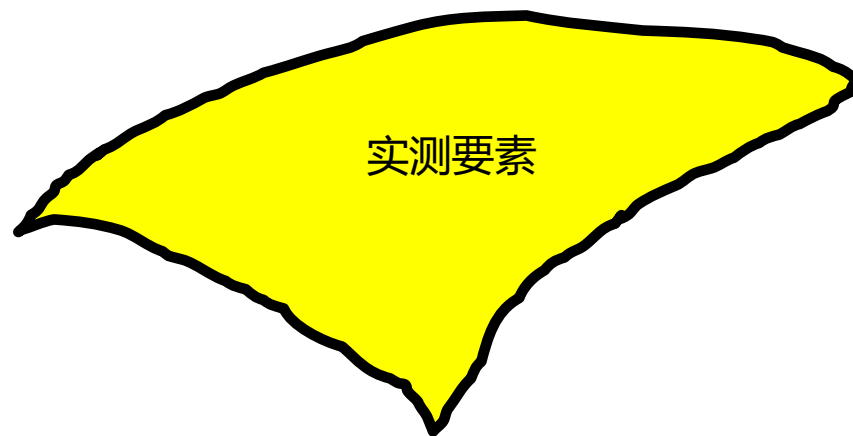


面轮廓度



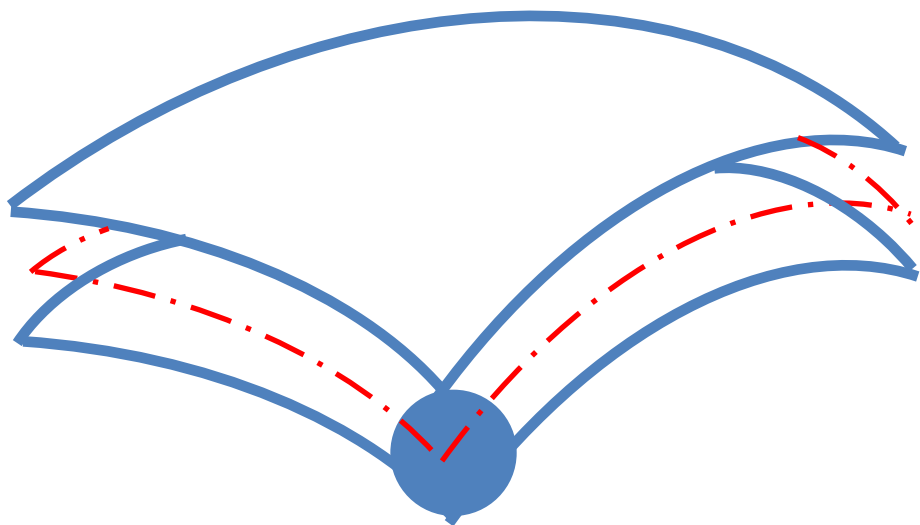
公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域，诸球心位于具有理论正确几何形状的曲面上。被测轮廓面应位于该区域内

理论边界**是否包络**实测要素是判定依据



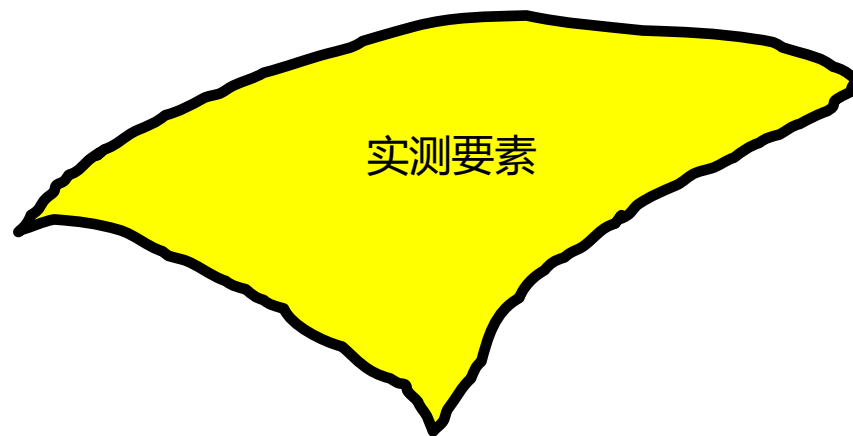


面轮廓度



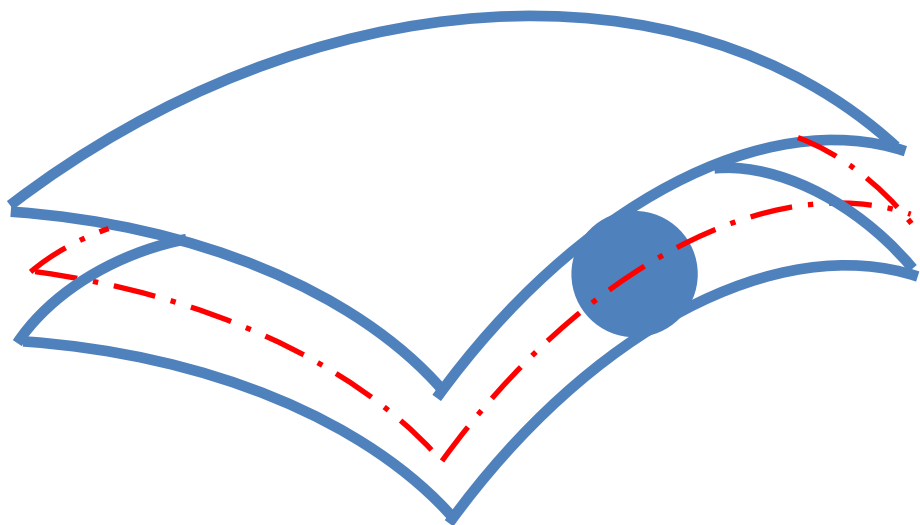
公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域，诸球心位于具有理论正确几何形状的曲面上。被测轮廓面应位于该区域内

理论边界**是否包络**实测要素是判定依据



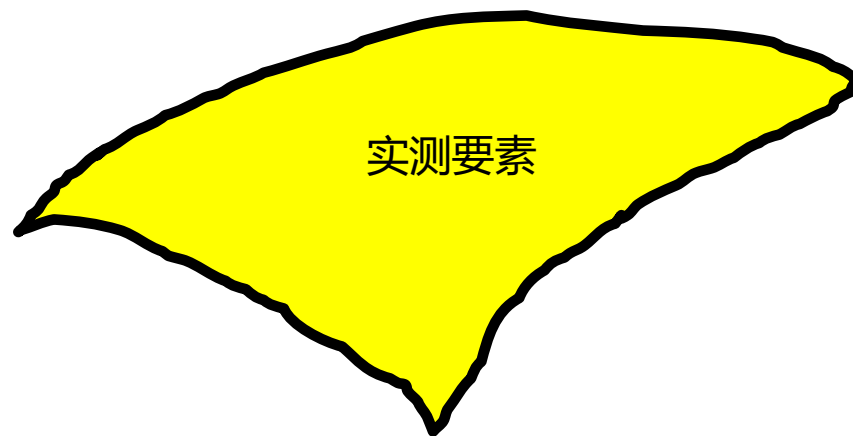


面轮廓度



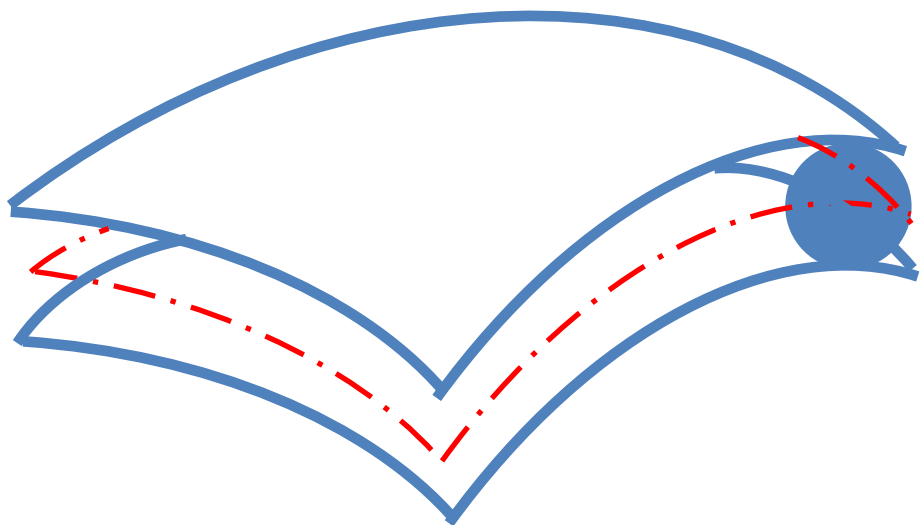
公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域，诸球心位于具有理论正确几何形状的曲面上。被测轮廓面应位于该区域内

理论边界**是否包络**实测要素是判定依据



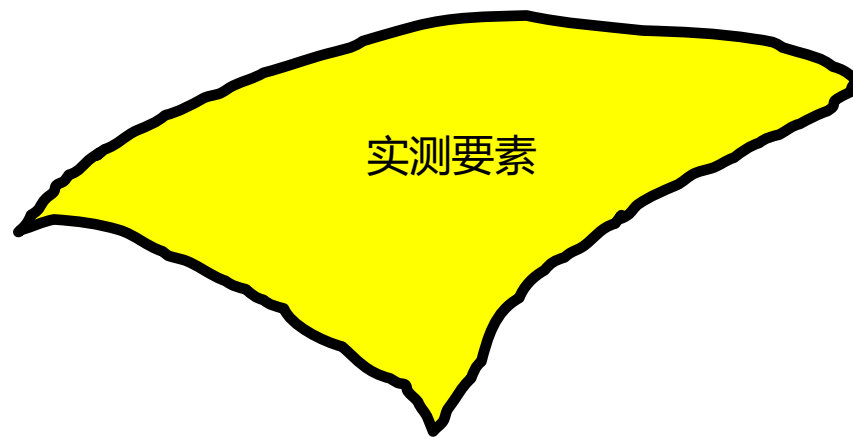


面轮廓度



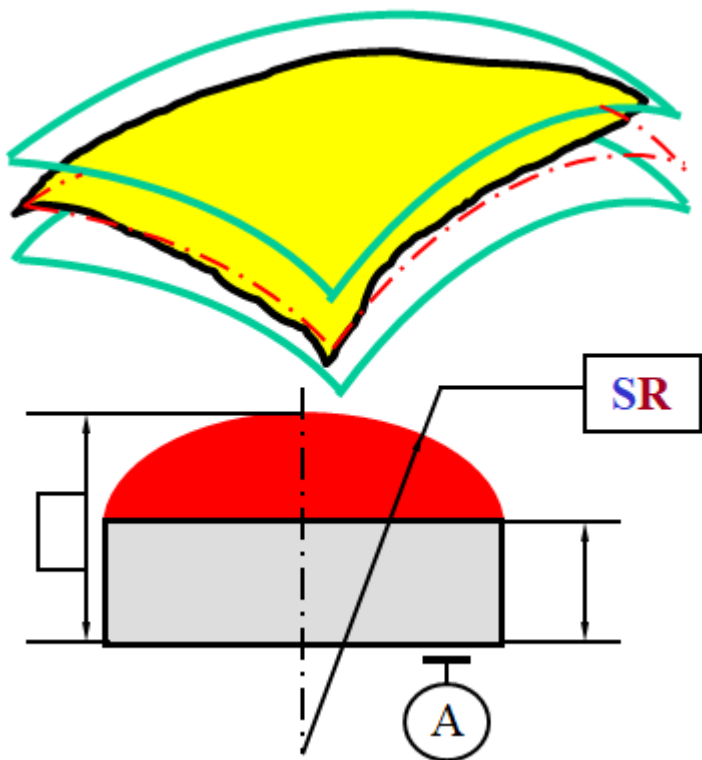
公差带是包络一系列直径为公差值 t 的球的两包络面之间的区域，诸球心位于具有理论正确几何形状的曲面上。被测轮廓面应位于该区域内

理论边界**是否包络**实测要素是判定依据





面轮廓度



SR——球半径 $S\varnothing$ 球直径

1. 线轮廓度、面轮廓度作为被测要素，如果只管控形状的正确与否，不需要带基准

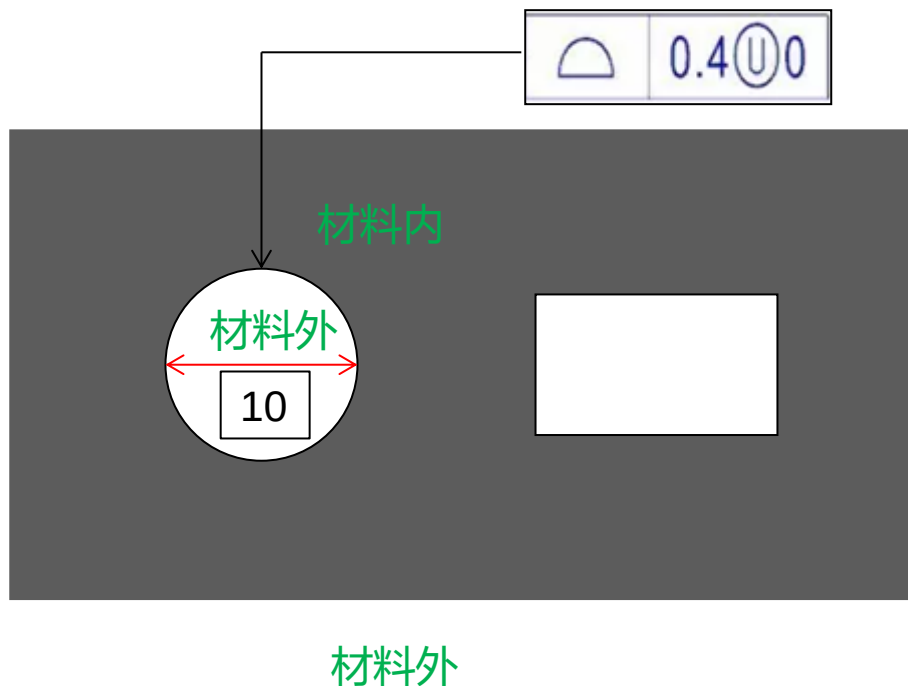
圆柱度——面轮廓度的特殊情况

2. 带基准的目的是限制某个方向和位置的平移，或是全面限制曲面的整体形状和位置

轮廓度是控制形状公差的汇总，加上基准以后，要求更加严格也控位置



轮廓度的应用



U圈为非对称公差

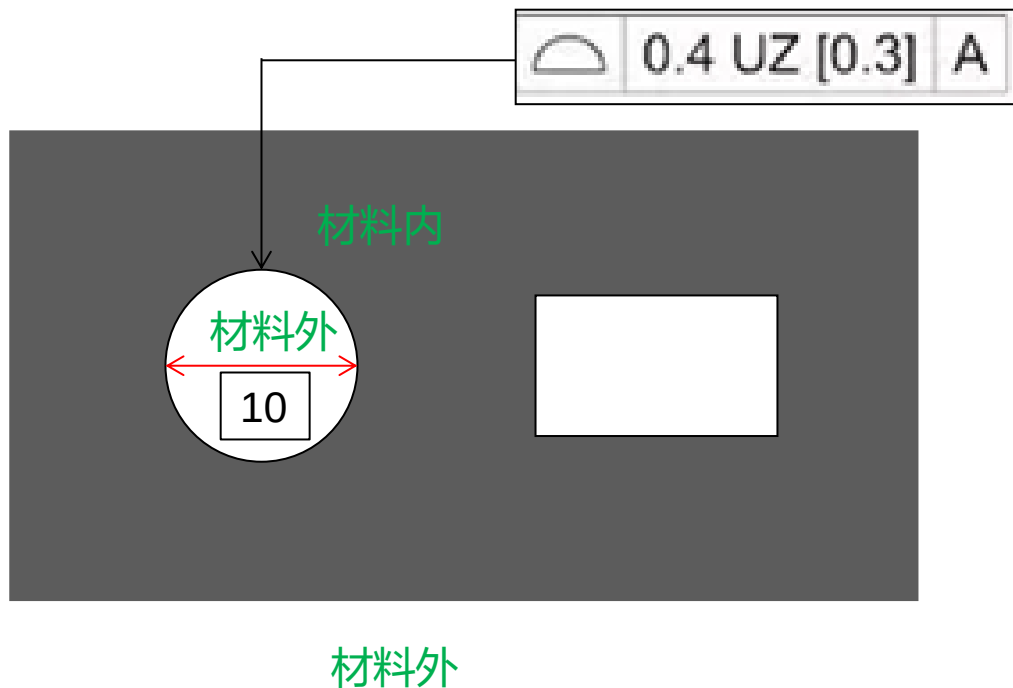
例左图：

先把理论轮廓向材料外面偏0，再向材料里面偏0.4，保证公差带宽度，即孔只能做大，单边公差0/-0.4，上图10的理论尺寸合格范围为10-10.8

1. 轮廓度非对称分布美标用U圈
2. U圈后面的数字表示先把公差带向材料外面偏移，**U圈后不可为负**



轮廓度的应用



UZ圈为非对称公差

先把公差带相对中心理论轮廓向材料外面偏0.3，0.4公差带相对新的公差中心对称分布，单边

-0.1/-0.5，上图10的理论尺寸合格范围为9-9.8

1. 轮廓度非对称分布欧标用UZ圈
2. UZ后面的数字表示先把公差带中心向材料外面偏移，UZ后可跟正负，正代表往材料外，负代表往材料内

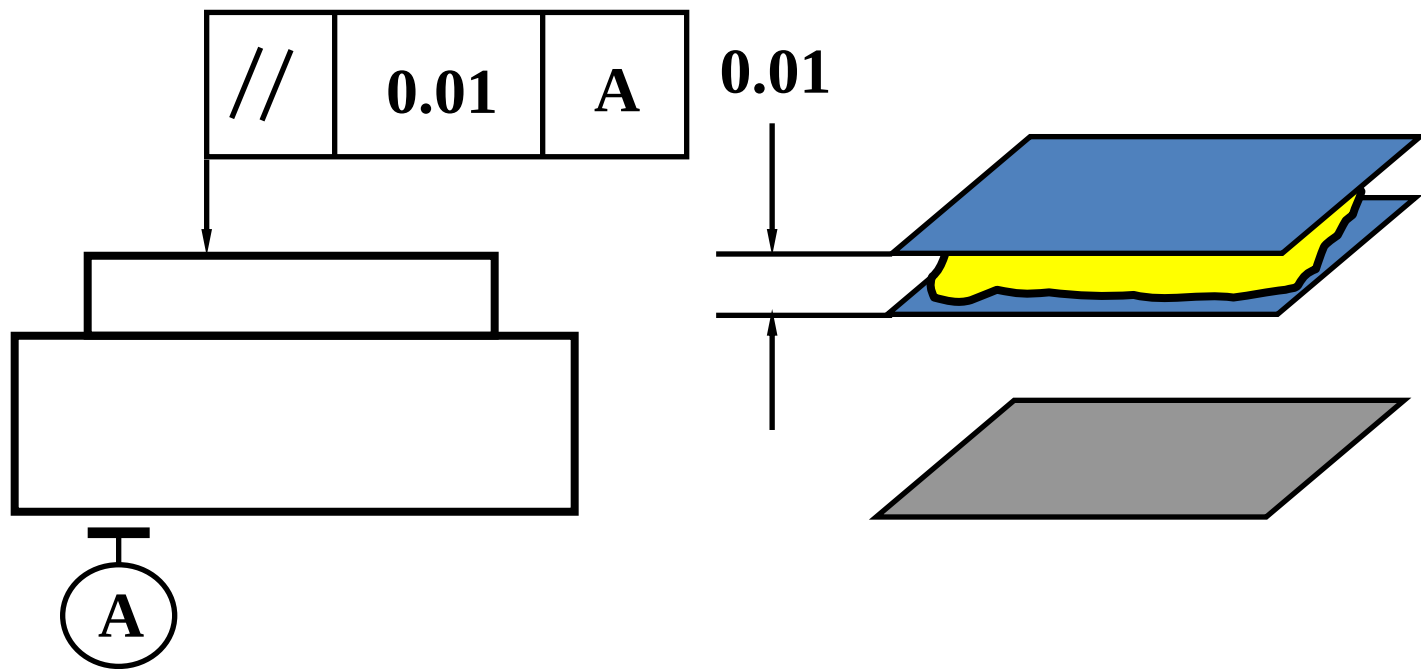


公差原则---U圈/UZ圈

- 轮廓度非对称分布美标用U圈
- 轮廓度非对称分布欧标用UZ圈
- U圈后面的数字表示先把公差带向材料外面偏移
- UZ后面的数字表示先把公差带中心向材料外面偏移
- 不带U/UZ是对称公差，直接计算



形位公差---平行度

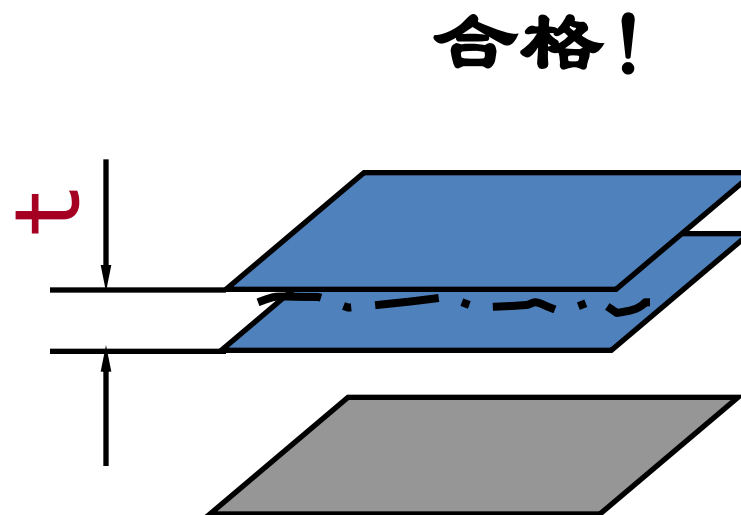
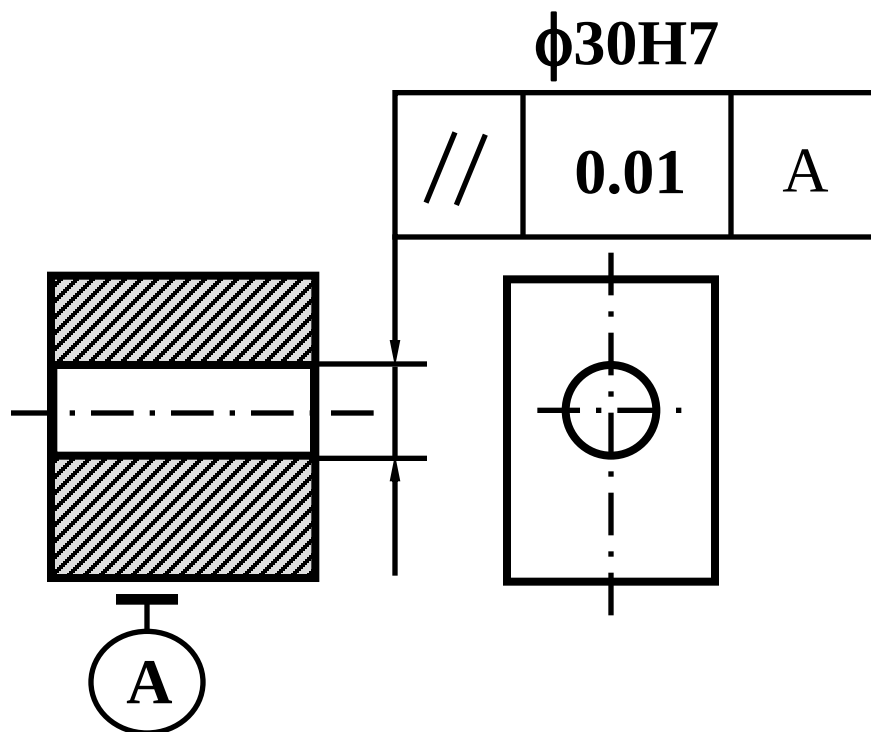


1. 必须有基准参考
2. 基准定向，公差带随基准方向浮动，不控相对距离

公差带是距离为公差值 $t=0.01$ 且平行于基准平面的两平行平面之间的区域



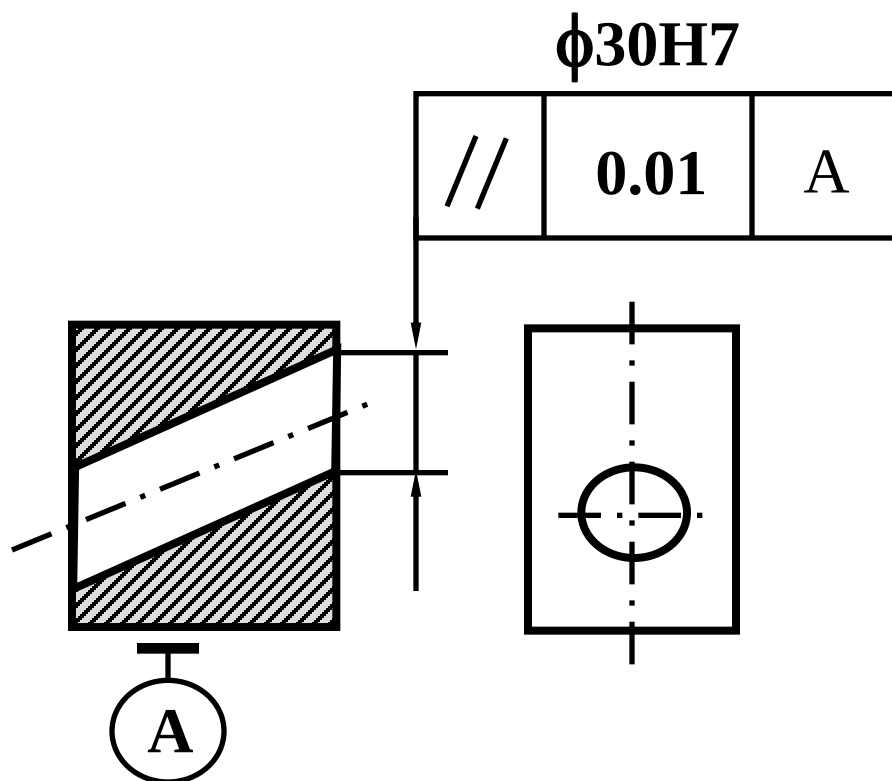
平行度



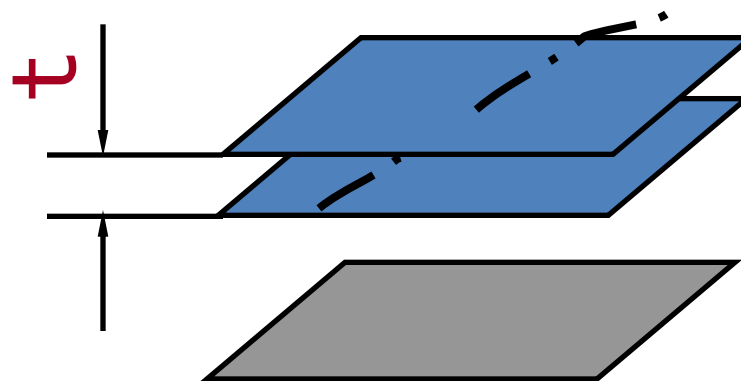
公差带是距离为公差值 $t=0.01$ 且平行于基准平面的两平行平面之间的区域



平行度



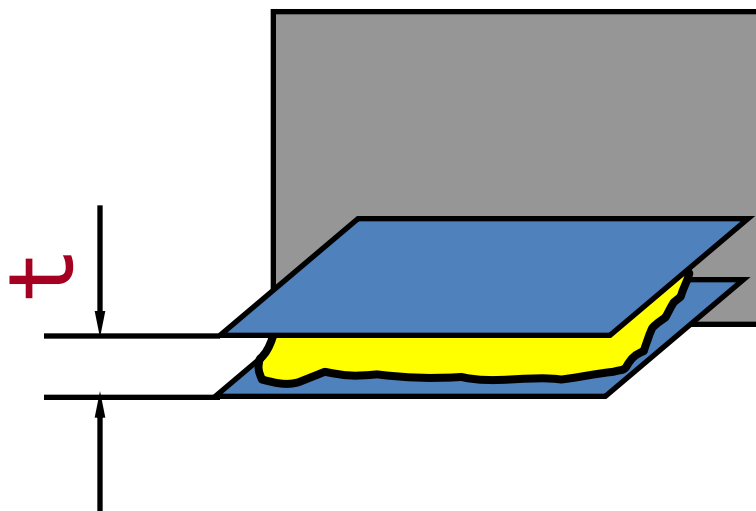
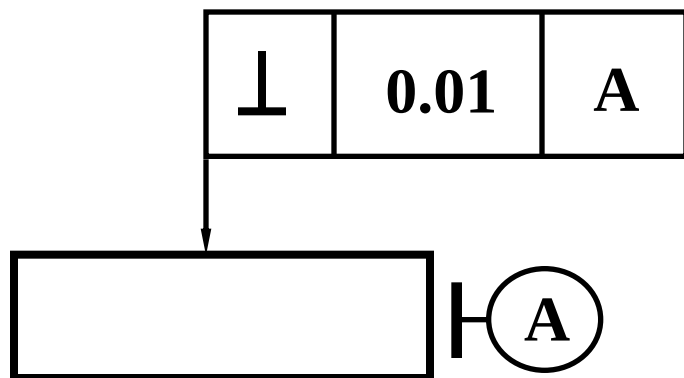
不合格!



公差带是距离为公差值 $t=0.01$ 且平行于基准平面的两平行平面之间的区域



形位公差---垂直度

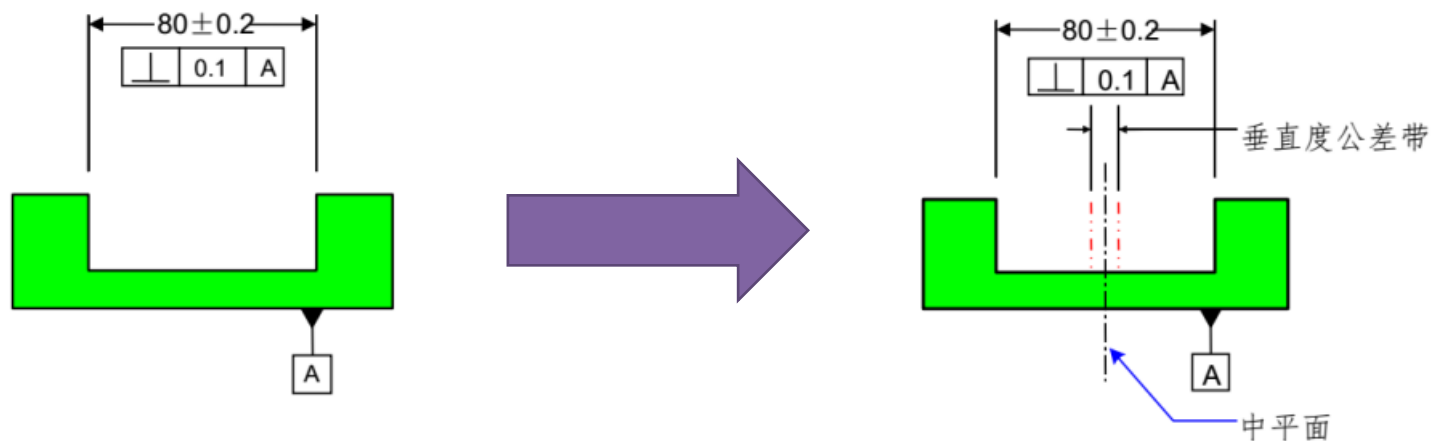


1. 必须有基准参考
2. 基准定向，公差带随基准方向浮动，不控相对距离

公差带是距离为公差值 t 且垂直于基准平面的两平行平面之间的区域



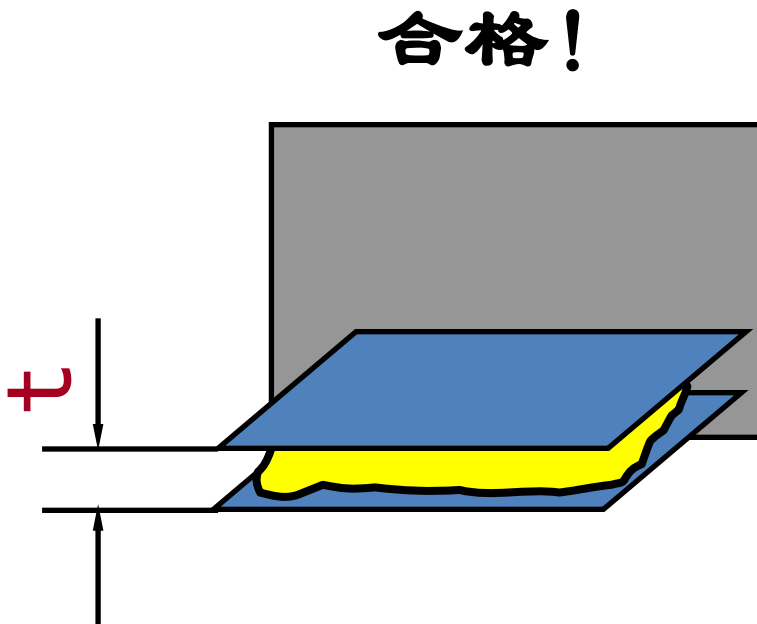
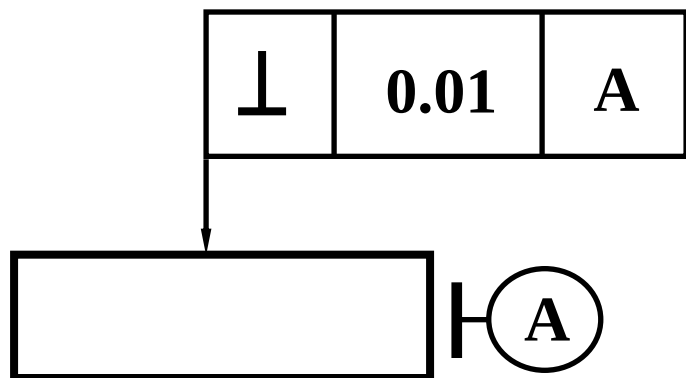
形位公差---垂直度



公差带是距离为公差值 t 且垂直于基准平面的两平行平面之间的区域



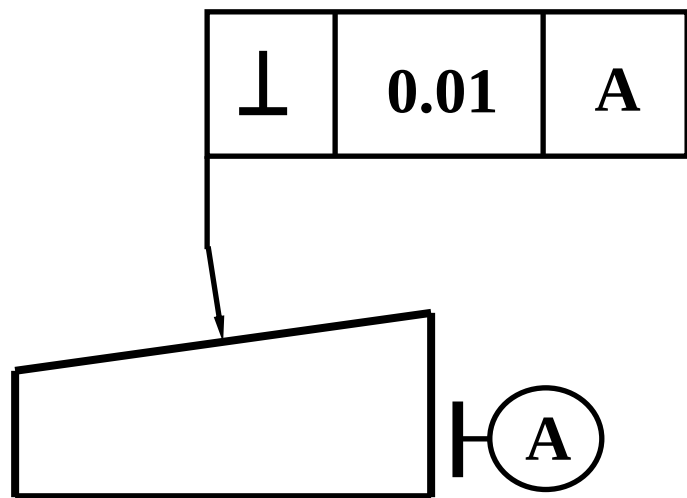
垂直度



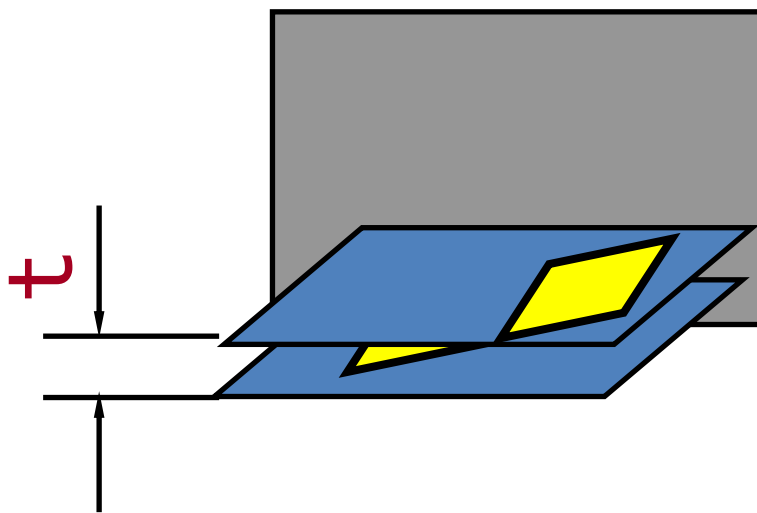
公差带是距离为公差值 t 且垂直于
基准平面的两平行平面之间的区域



垂直度



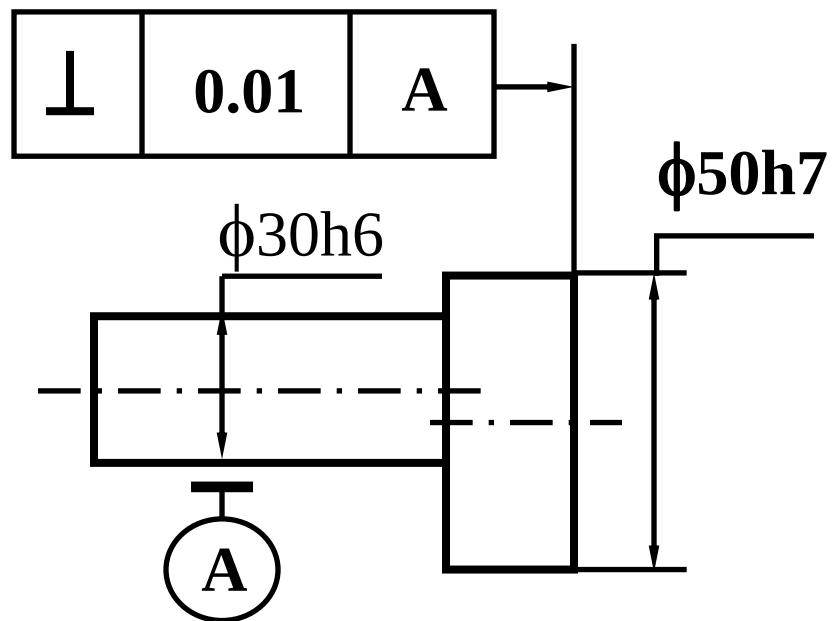
不合格!



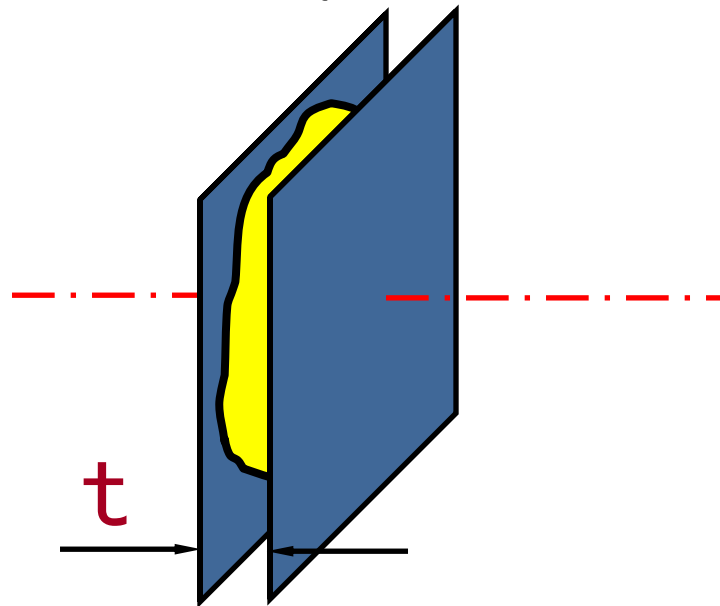
公差带是距离为公差值 t 且垂直于
基准平面的两平行平面之间的区域



垂直度



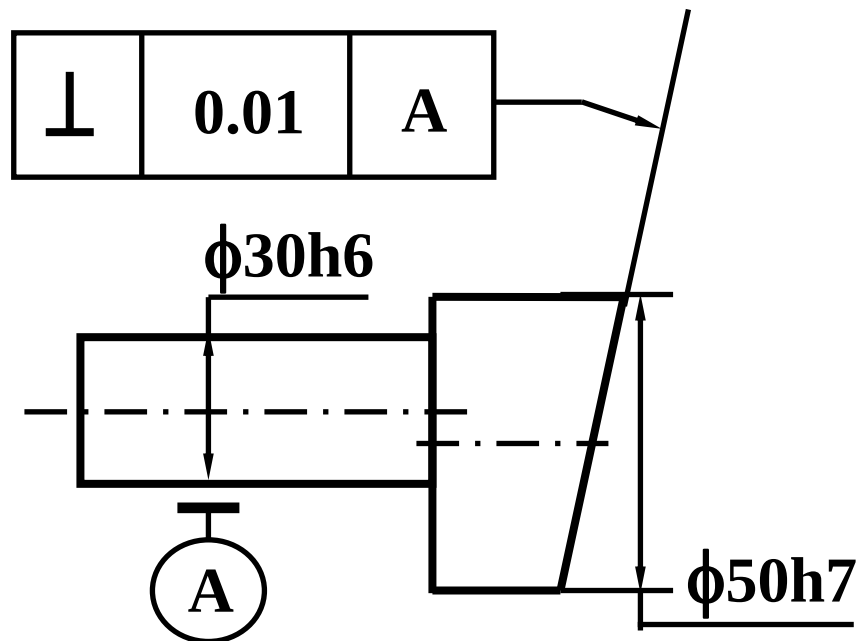
合格!



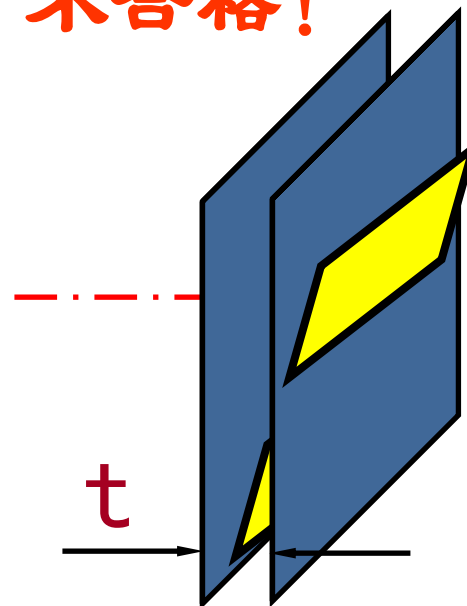
公差带是距离为公差值 t 且垂直于
基准直线的两平行平面之间的区域



垂直度



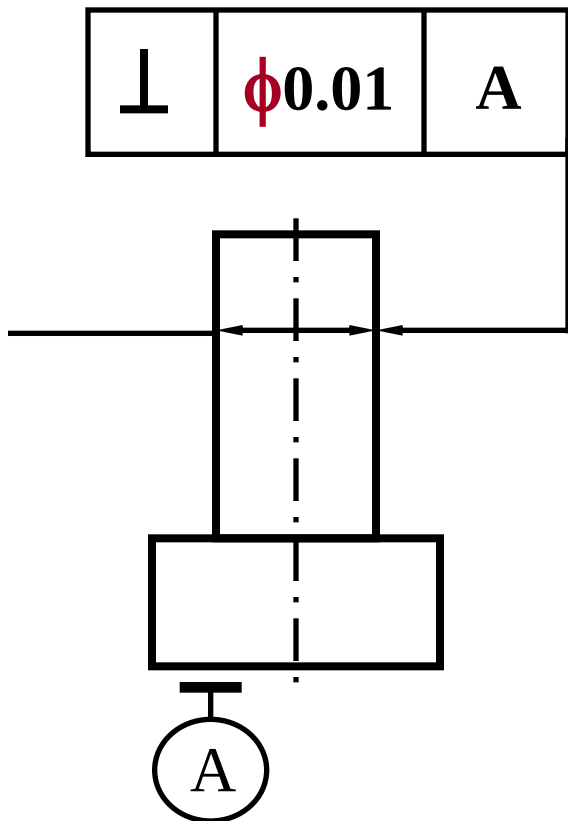
不合格!



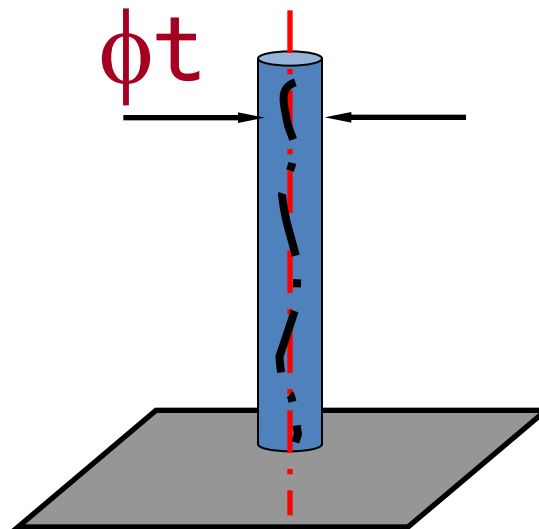
公差带是距离为公差值 t 且垂直于基准直线的两平行平面之间的区域



垂直度



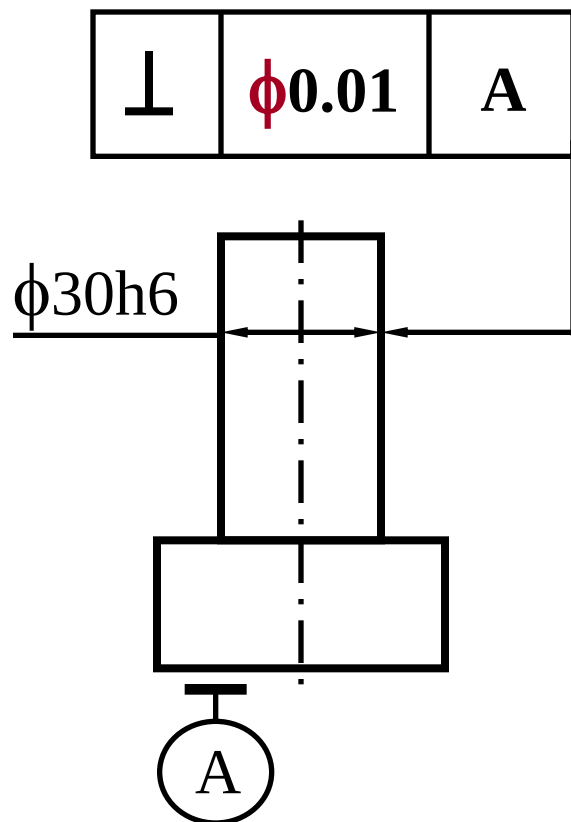
合格!



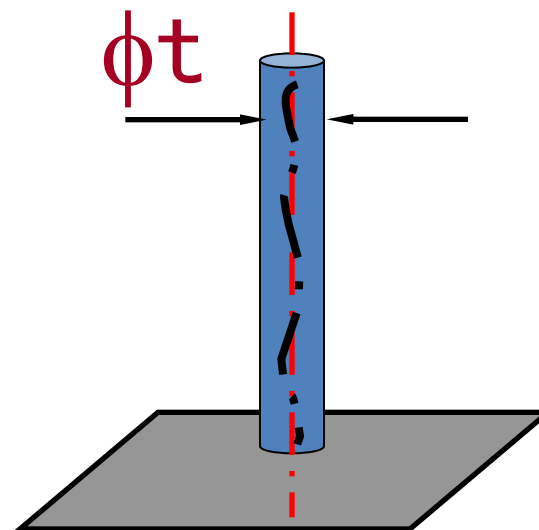
公差带是距离为公差值 t 且垂直于
基准平面的圆柱面内的区域



垂直度



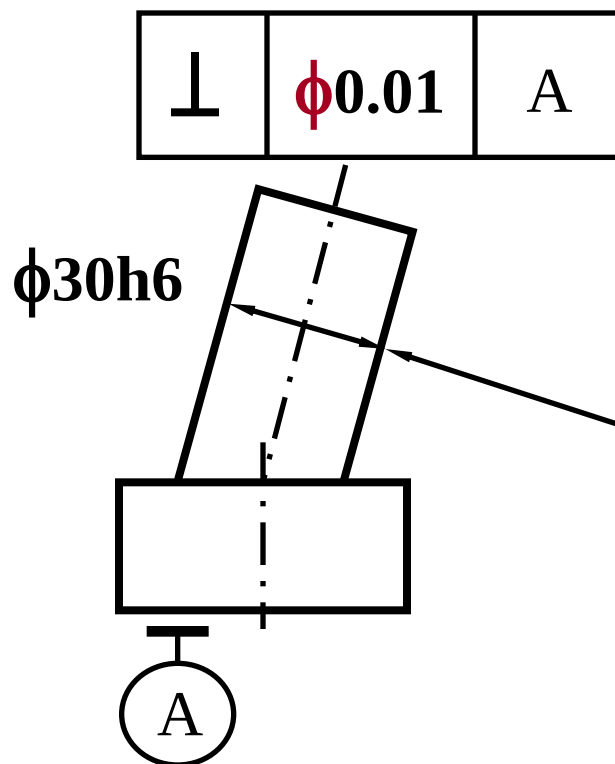
合格!



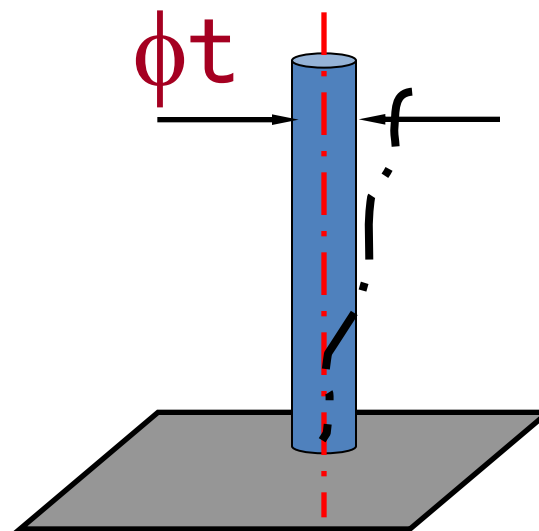
公差带是距离为公差值 t 且垂直于
基准平面的圆柱面内的区域



垂直度



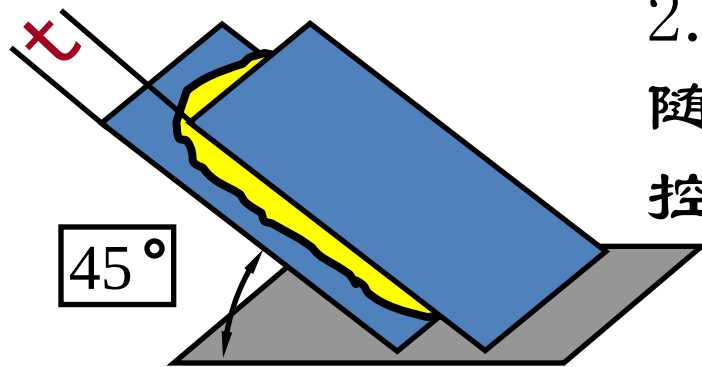
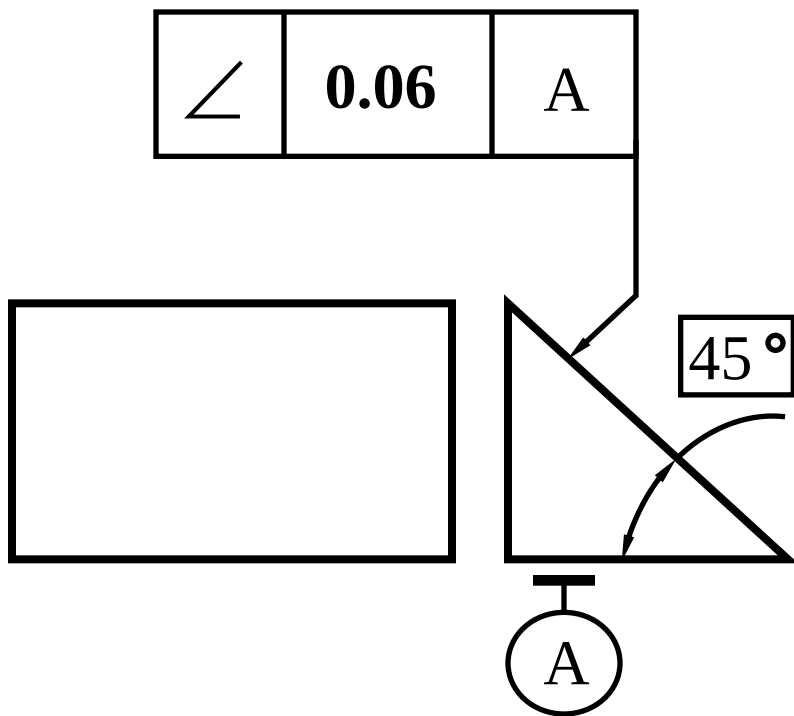
不合格!



公差带是距离为公差值 t 且垂直于
基准平面的圆柱面内的区域



形位公差---倾斜度



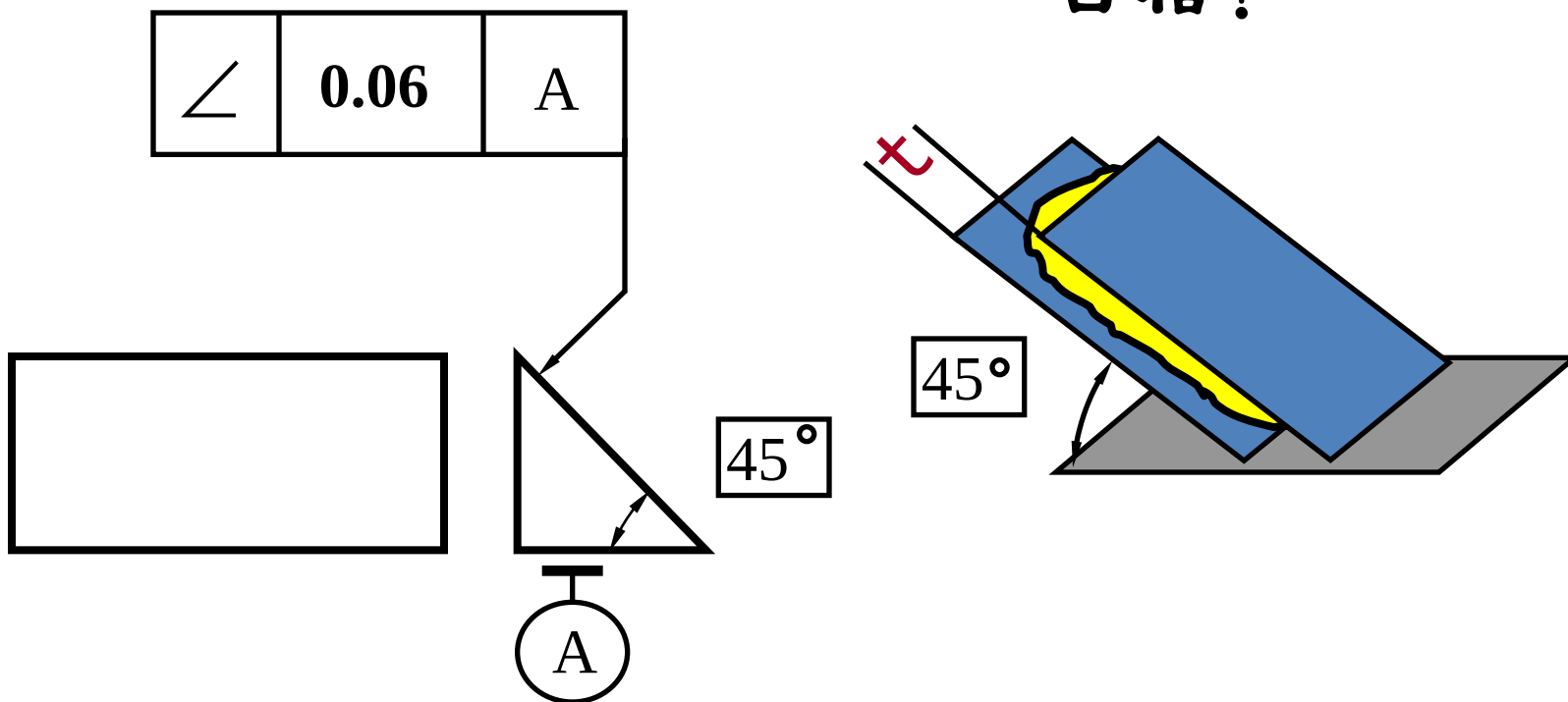
1. 必须有基准参考
2. 基准定向，公差带随基准方向浮动，不控相对距离

倾斜度包含垂直度和平行度

公差带是距离为公差值 t 且与基准平面成一给定理论正确角度的两平行平面内的区域



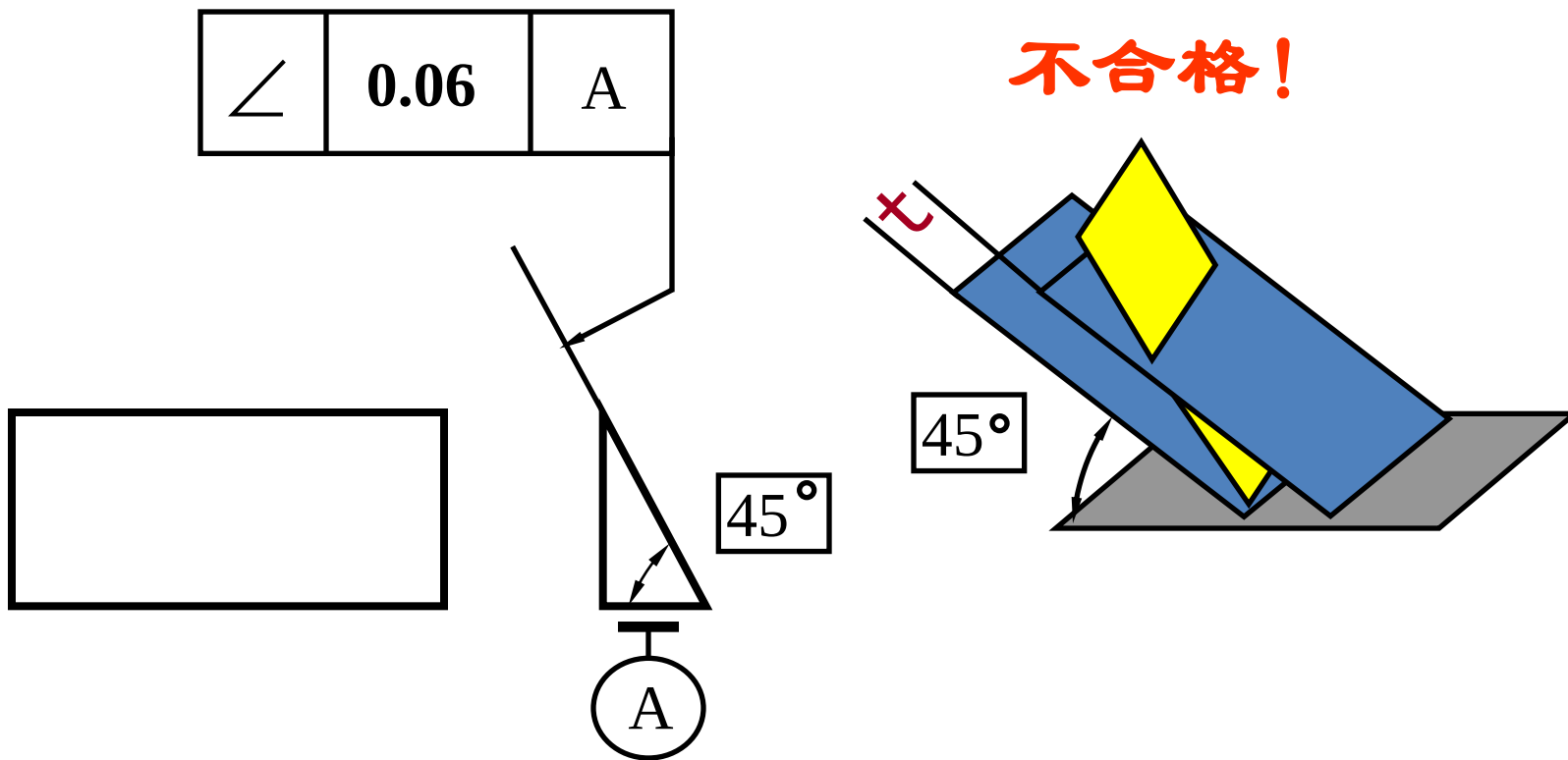
倾斜度



公差带是距离为公差值 t 且与基准平面成一给定理论正确角度的两平行平面内的区域



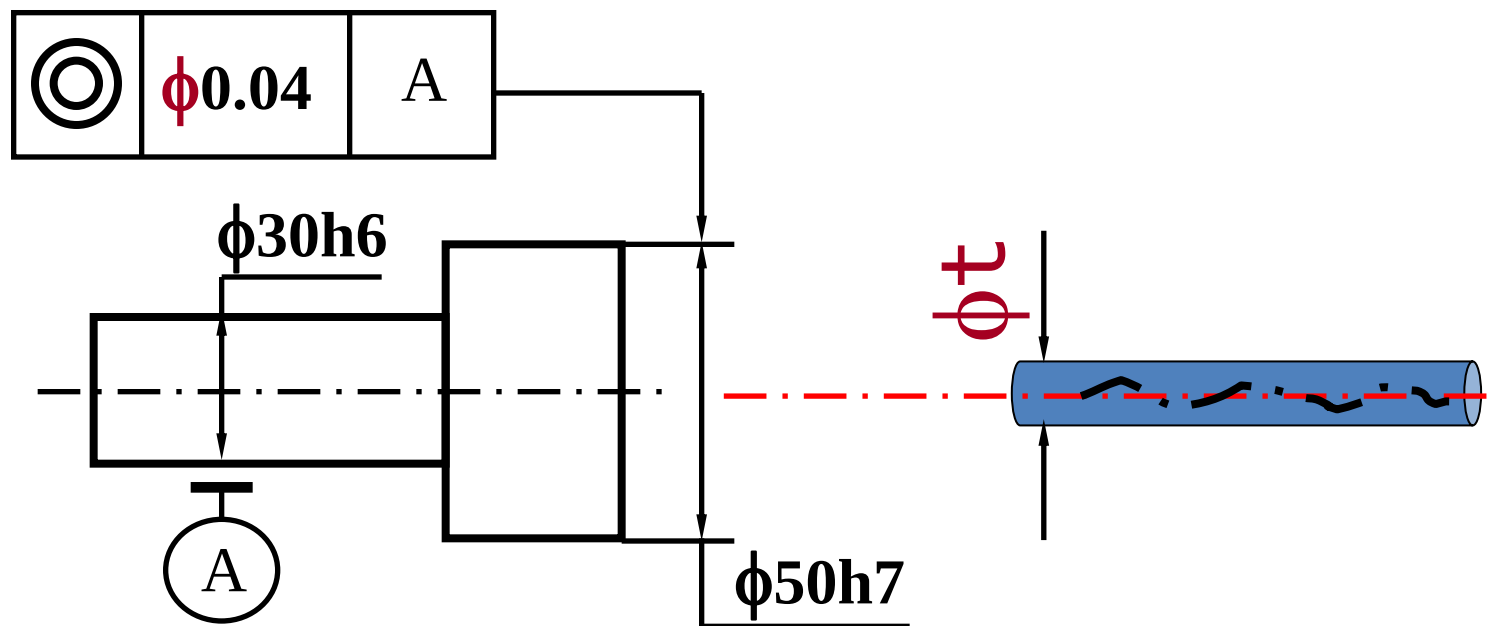
倾斜度



公差带是距离为公差值 t 且与基准平面成一给定理论正确角度的两平行平面内的区域



形位公差---同轴度 (同心度)

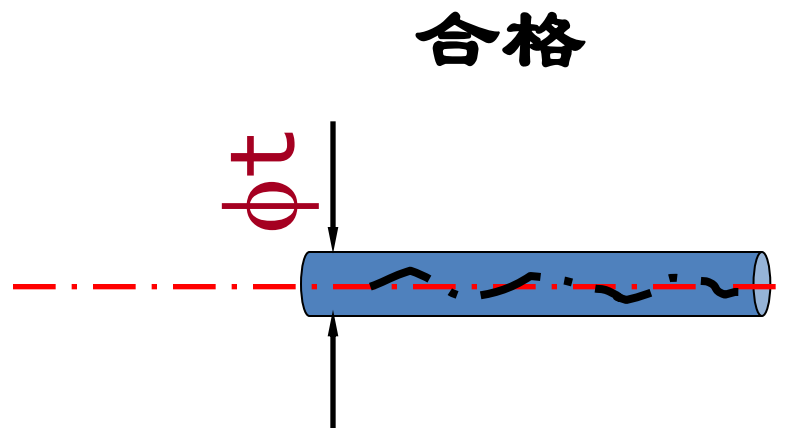
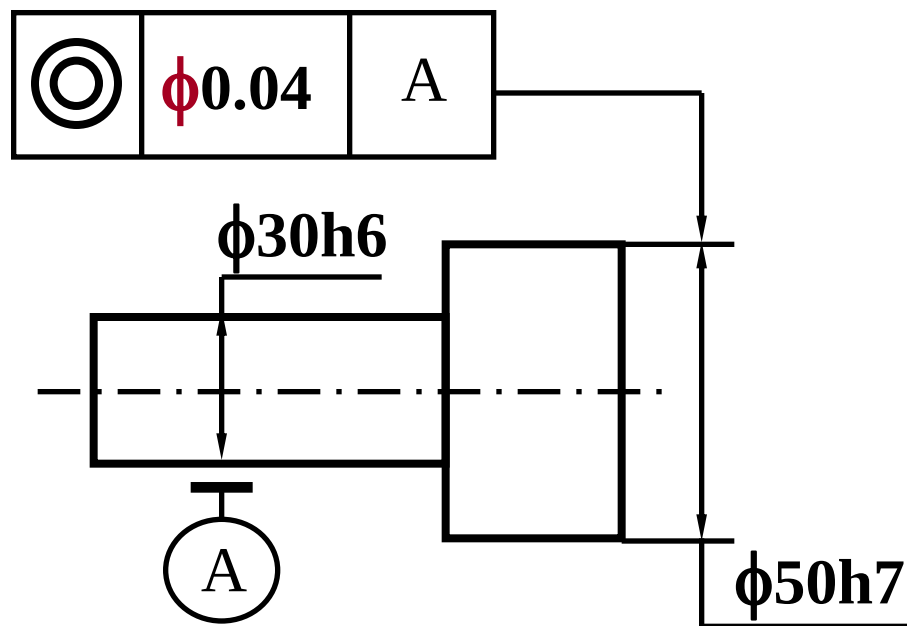


1. 必须有基准参考
2. 基准定位
3. 同心度和同轴度现标准已经合并，同心度约束截面圆的圆心，同轴度约束中心轴线。

公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域，
该圆柱面的轴线与基准轴线同轴



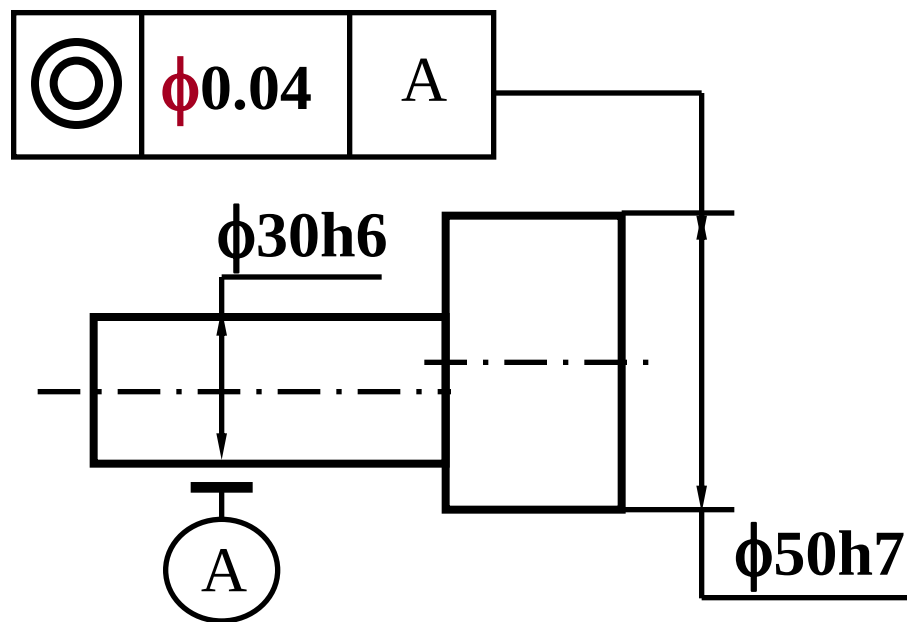
同轴度



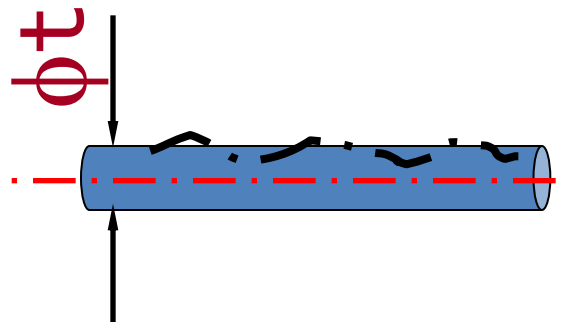
公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域，
该圆柱面的轴线与基准轴线同轴



同轴度



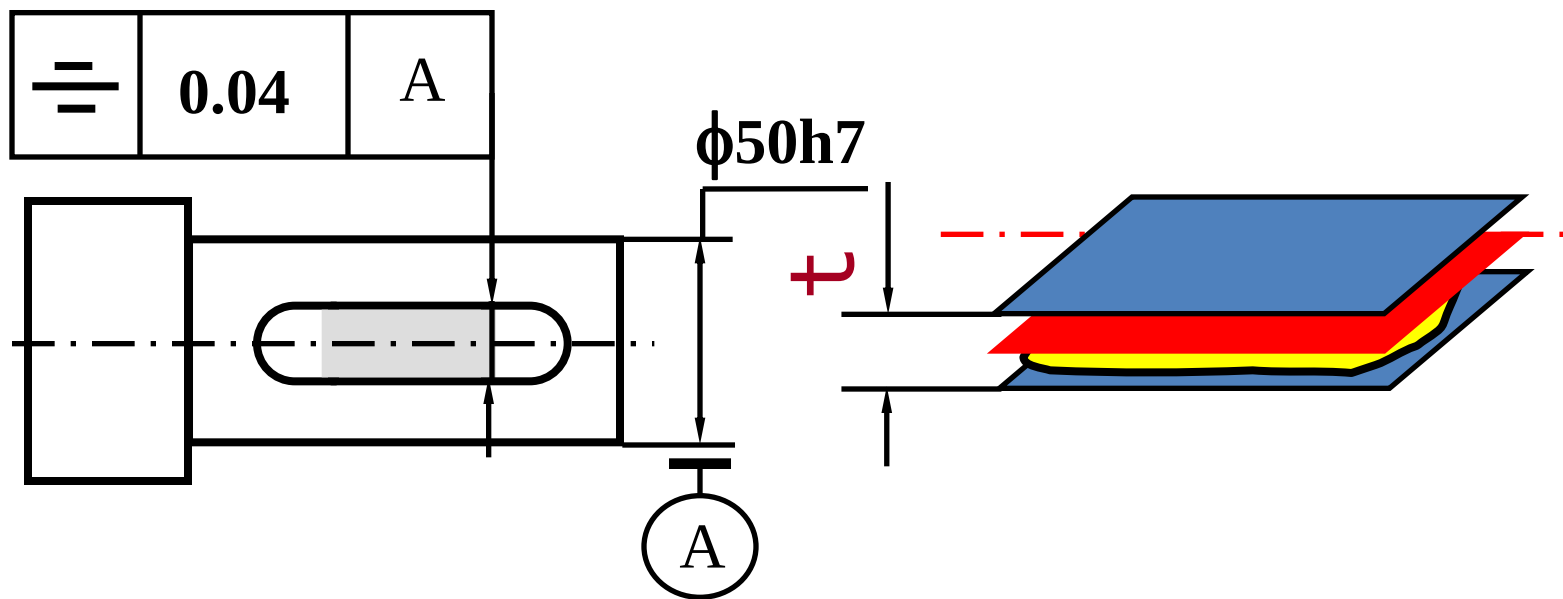
不合格!



公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域，
该圆柱面的轴线与基准轴线同轴



形位公差---对称度

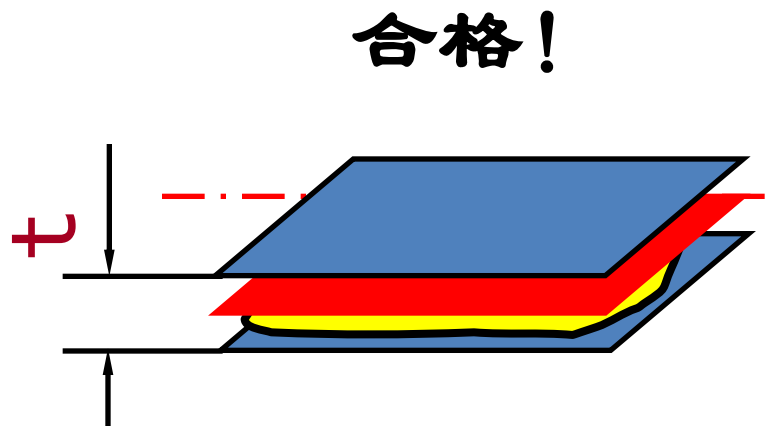
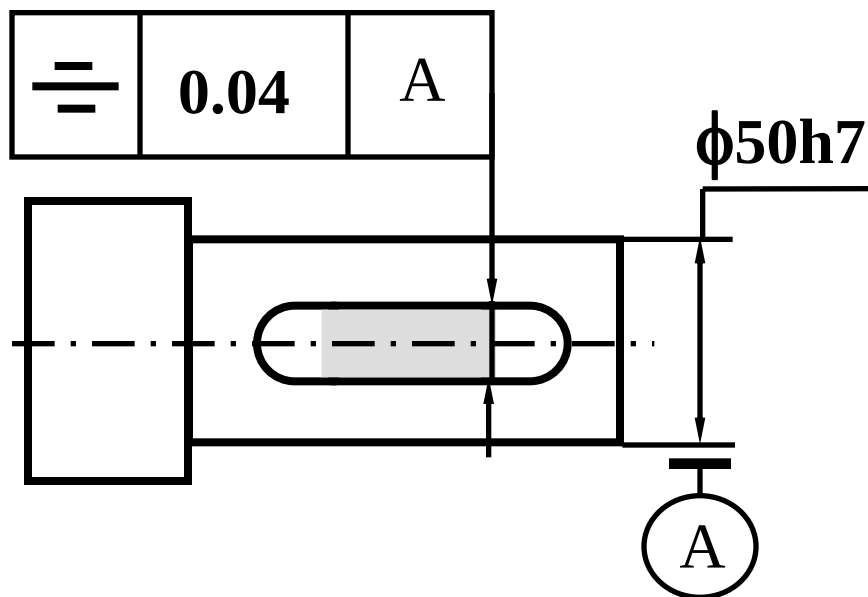


公差带是距离为公差值 t 且相对于基准轴线对称配置的两平行平面之间的区域。

1. 必须有基准参考
 2. 基准定位
 3. 一般采用构造特征组进行评价
- 距离算法：
构造被测要素的中分面与理论平面距离 $\times 2$
构造方式不同结果差异大



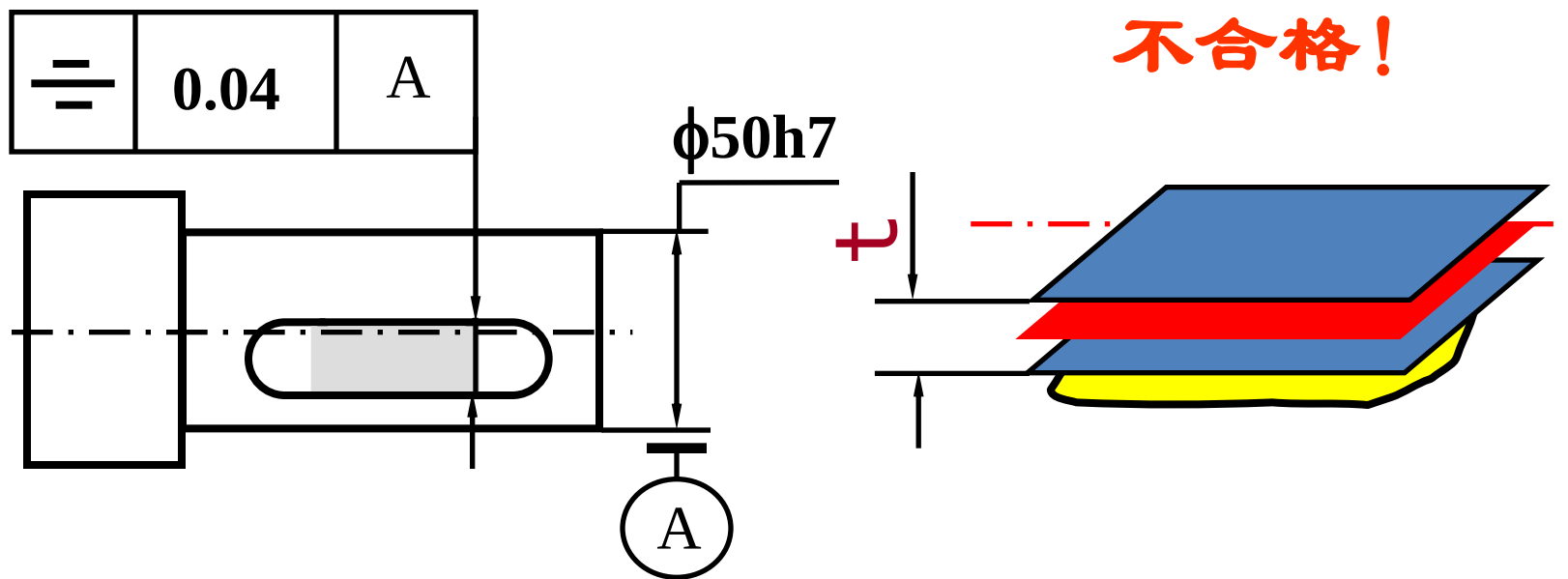
对称度



公差带是距离为公差值 t 且相对于基准轴线对称配置的两平行平面之间的区域。



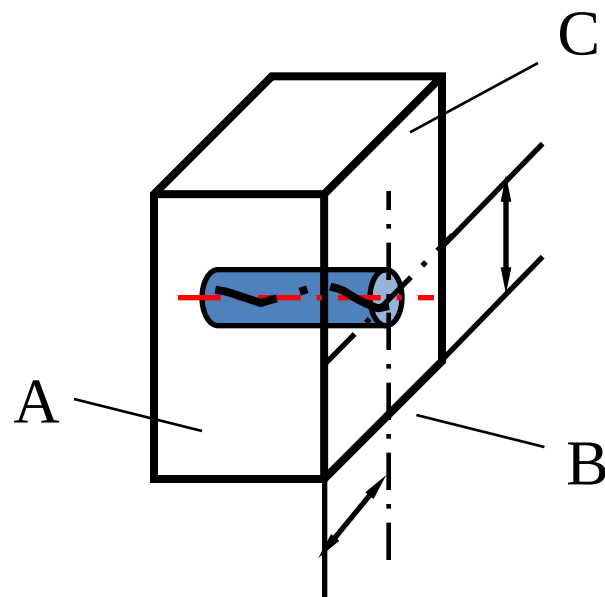
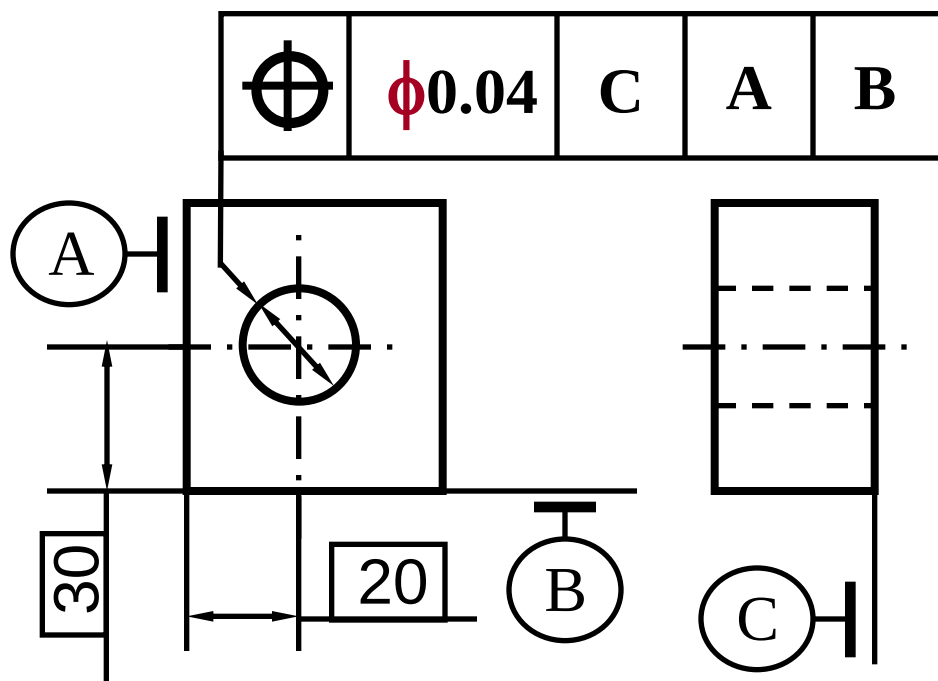
对称度



公差带是距离为公差值 t 且相对于基准轴线对称配置的两平行平面之间的区域。



形位公差---位置度

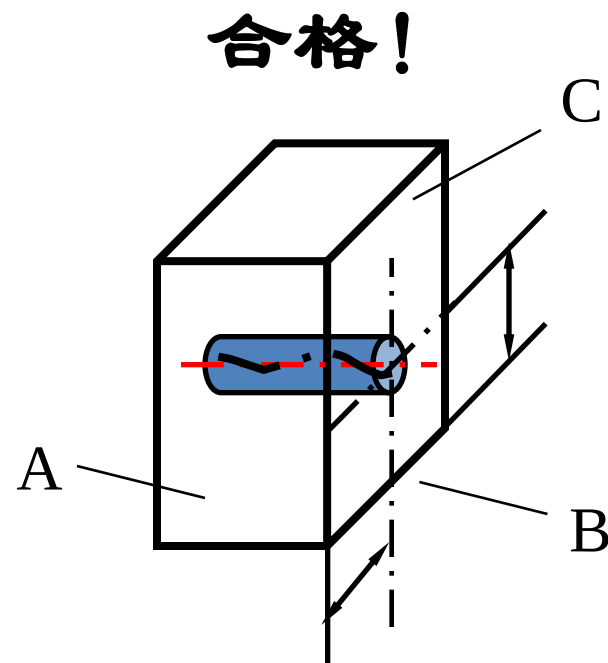
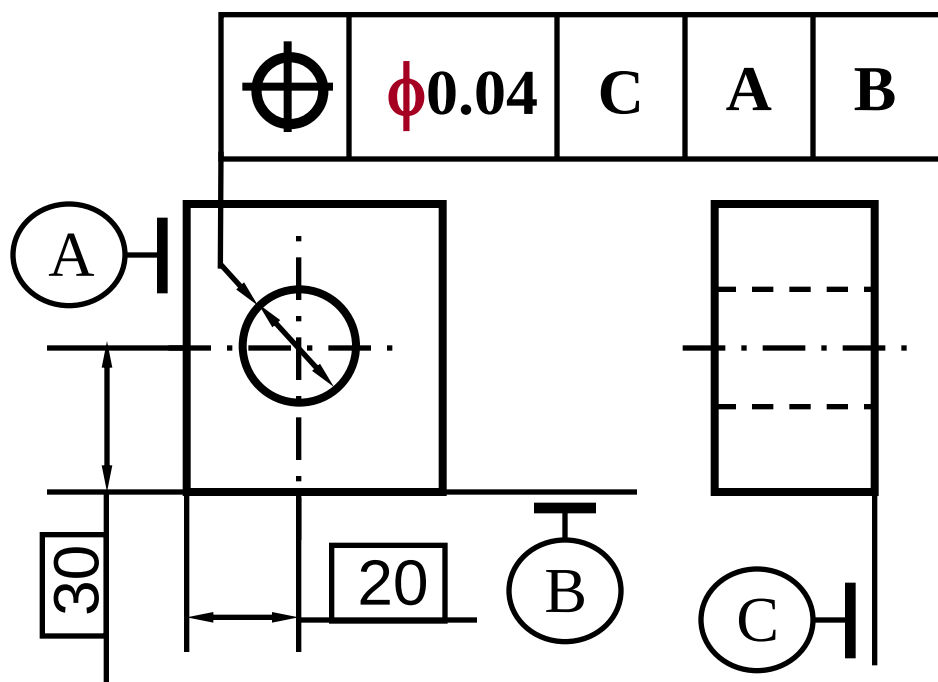


1. 一般要基准参考
2. 基准有级别顺序
3. 位置度包含同轴度、对称度、垂直度等位置和方向公差，是它们的汇总

公差带是直径为公差值 t 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域。公差带轴线的位置由基准和理论正确尺寸确定。



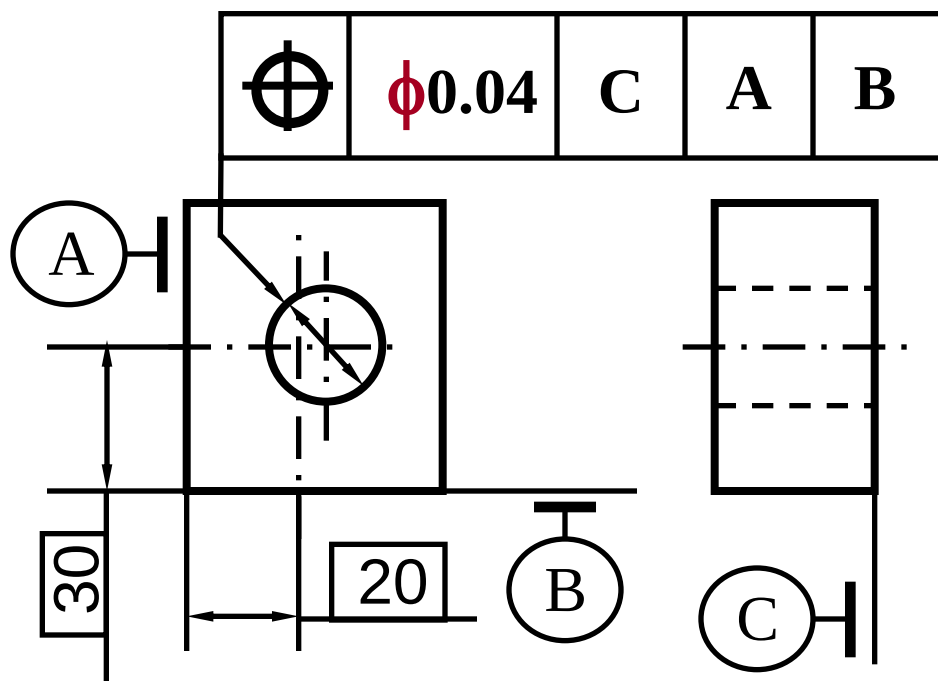
位置度



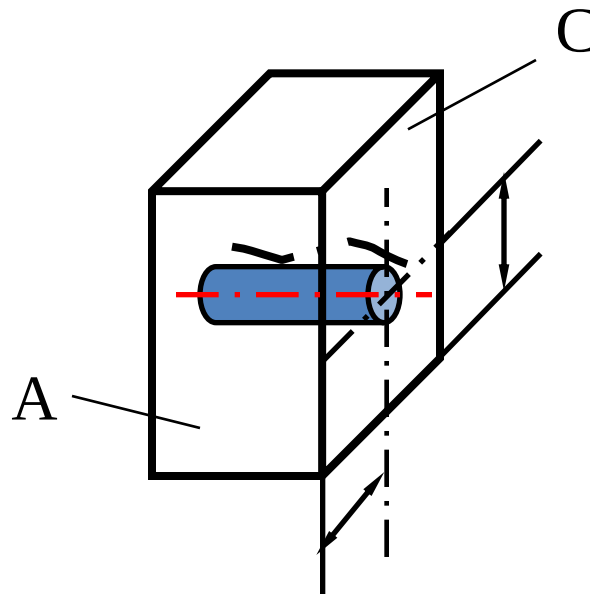
公差带是直径为公差值 t 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域。公差带轴线的位置由基准和理论正确尺寸确定。



位置度



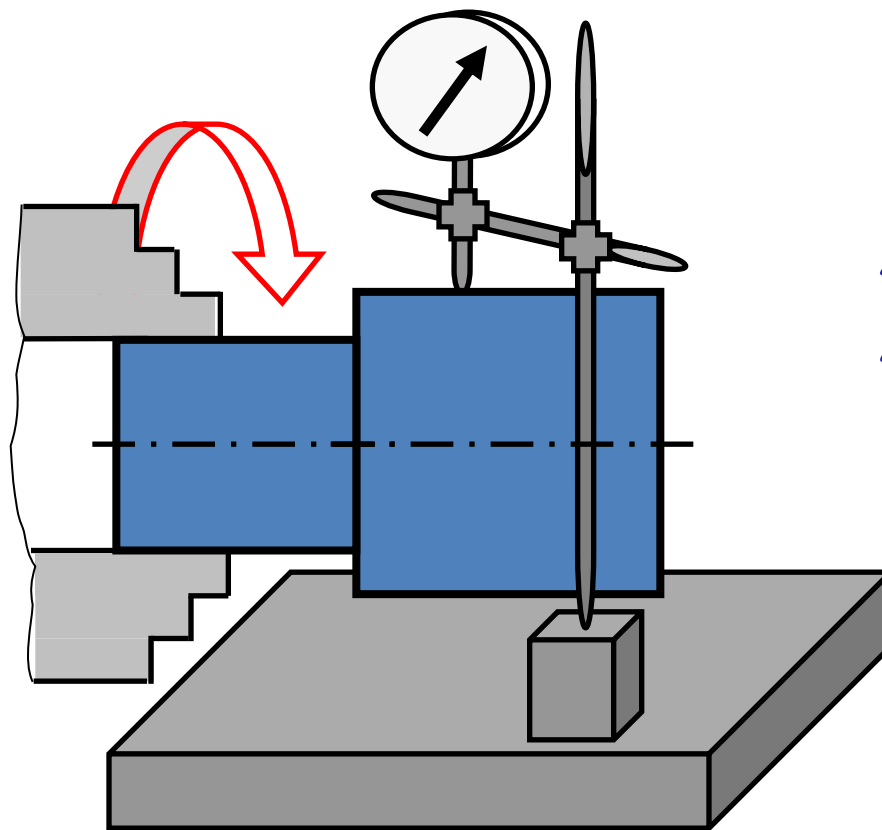
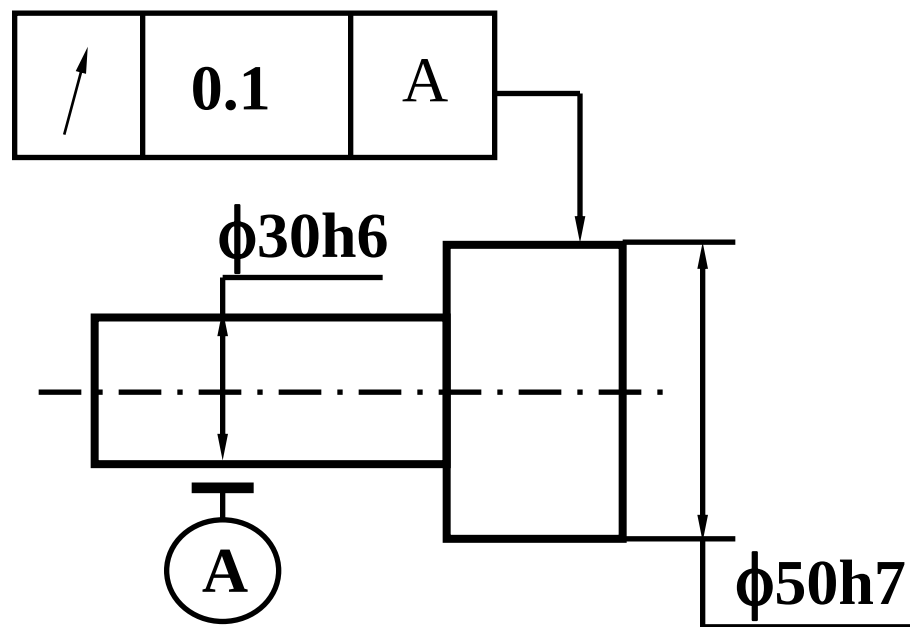
不合格!



公差带是直径为公差值 t 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域。公差带轴线的位置由基准和理论正确尺寸确定。



形位公差---圆跳动径向

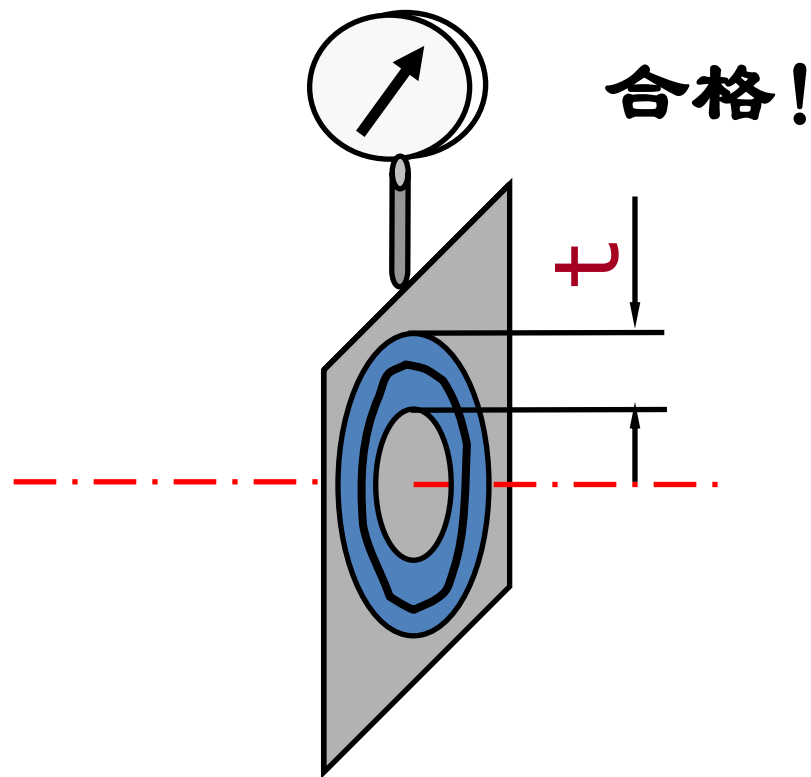
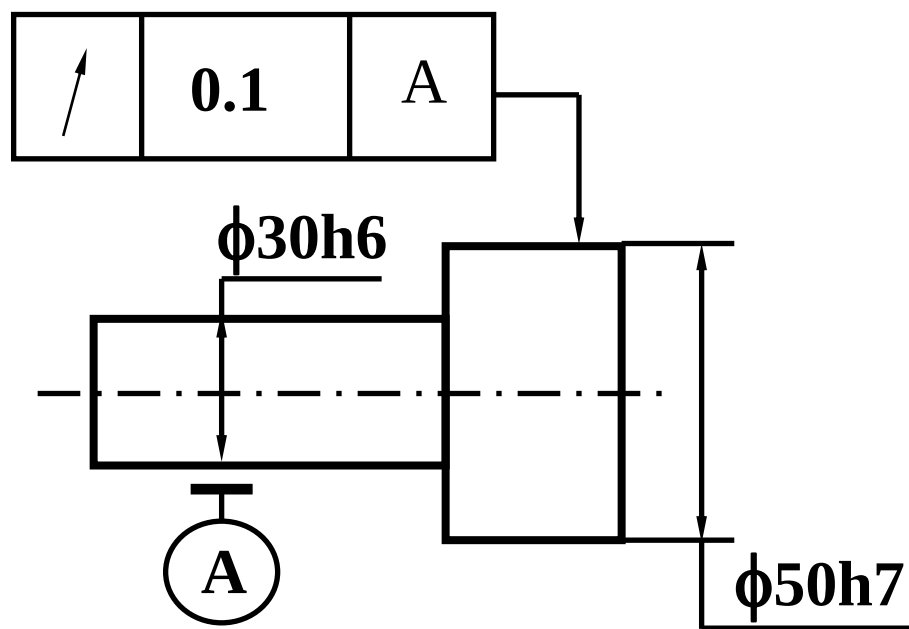


主要应用在加工调试，保证圆度

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



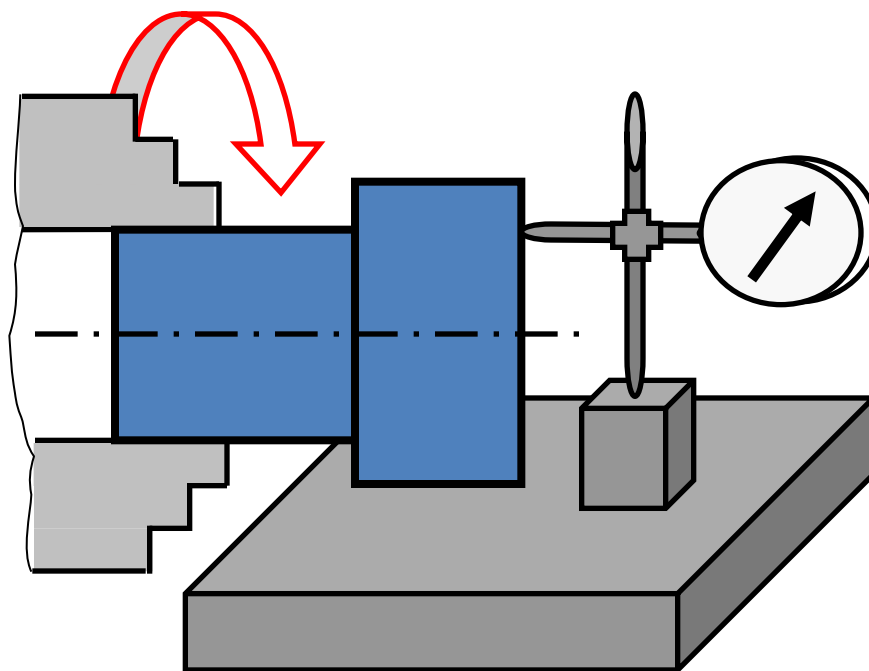
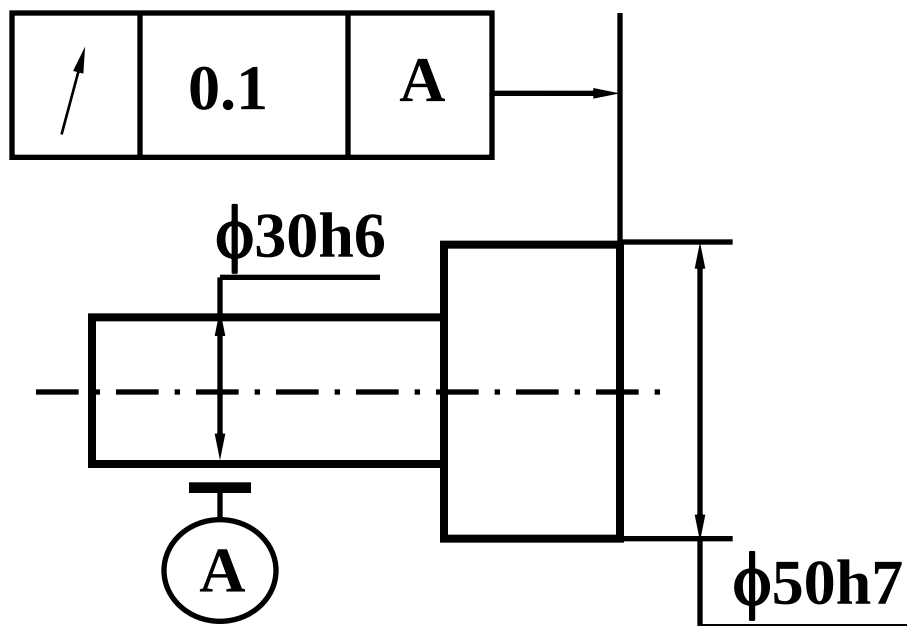
圆跳动---径向



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



圆跳动---端面



主要应用在加工调试，保证深度、平面度

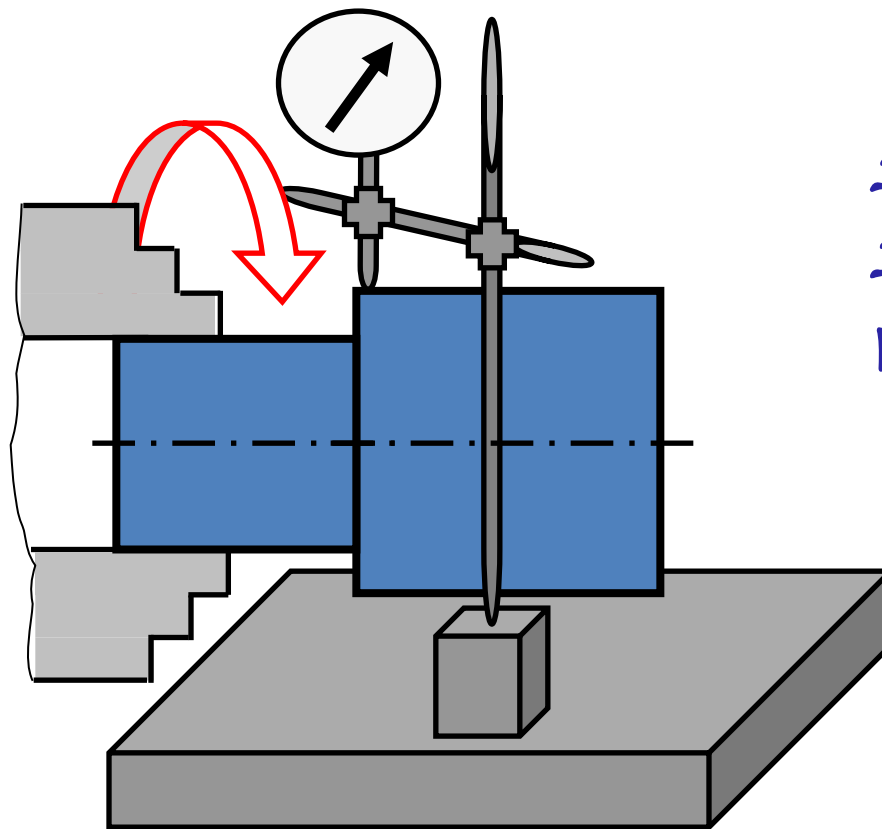
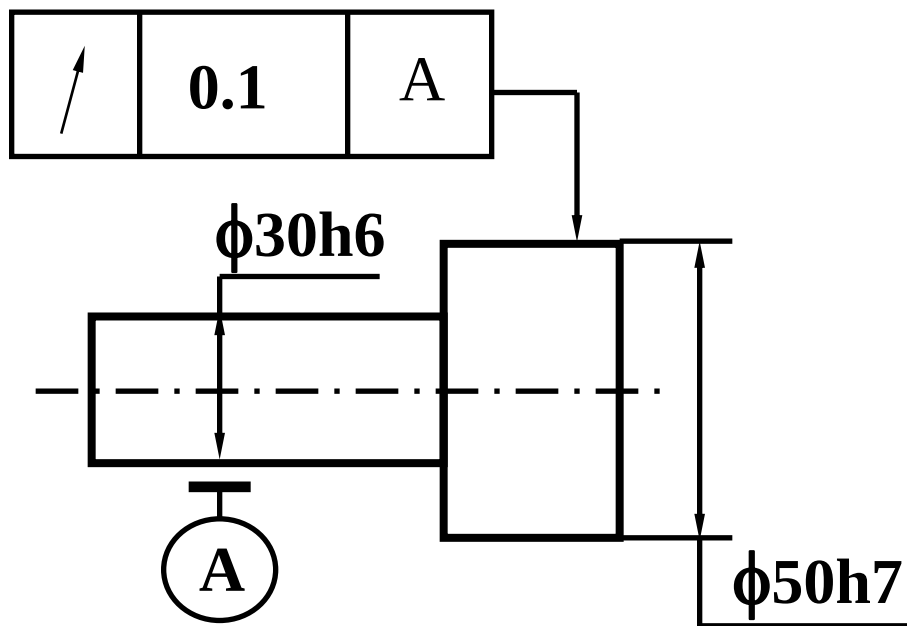
公差带是在与基准轴线同轴的任一半径位置的测量圆柱面上沿母线方向宽度为公差值 t 的两个圆之间的圆柱面。



公差带是在与基准轴线同轴的任一半径位置的测量圆柱面上沿母线方向宽度为公差值 t 的两个圆之间的圆柱面。



形位公差---全跳动径向

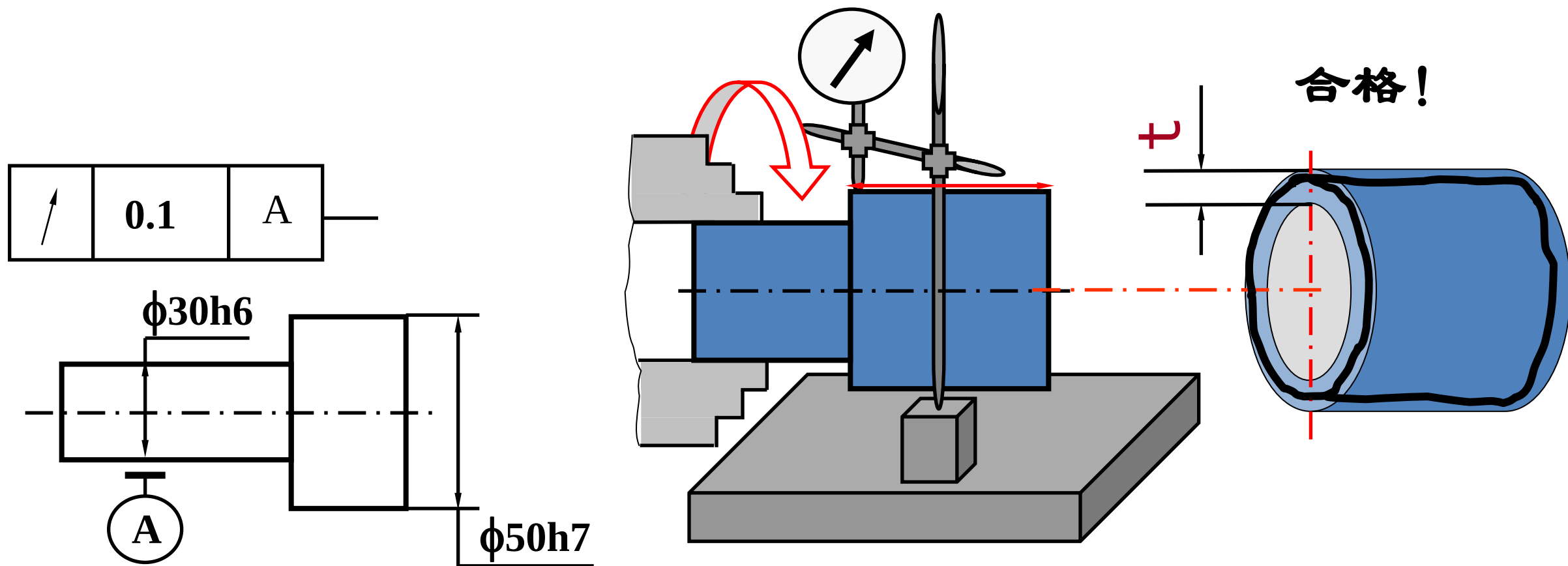


主要应用在加工调试，保证圆柱度

公差带是半径差为公差值 t 且与基准轴线同轴的两圆柱面之间的区域。



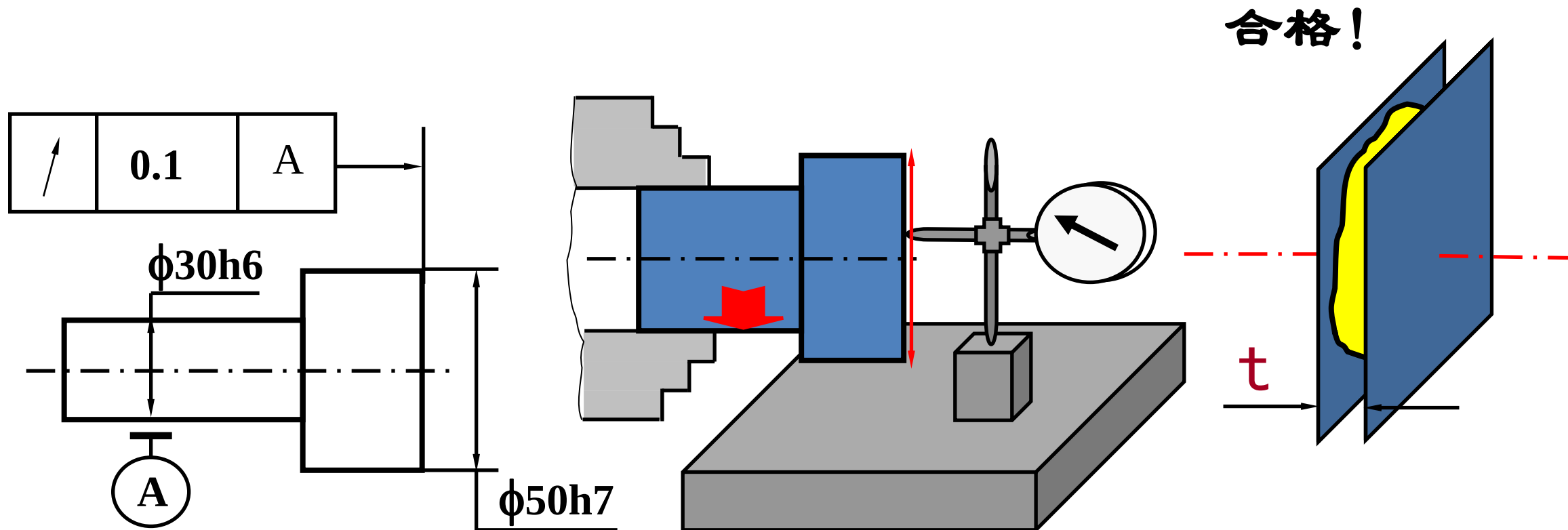
全跳动---径向



公差带是半径差为公差值 t 且与基准轴线同轴的两圆柱面之间的区域。（同径向圆跳动相比，在轴线方向延伸，近似圆柱度）



全跳动---端面



公差带是半径差为公差值 t 且与基准轴线同轴的两圆柱面之间的区域。（同端面圆跳动相比，端面水平移动，近似垂直度）



公差原则

公差原则是正确处理尺寸公差与形位公差之间关系的规定。
设计时根据功能要求，合理地选用公差原则。

尺寸公差与形位公差相互**有关**称为**相关要求**。
尺寸公差与形位公差彼此**无关**称为**独立原则**。（**基本原则**）

优点：

- 1 基本原则。（图样上要素的尺寸公差与形位公差没有特定的关系符号或文字说明它们有联系。就表示它们遵守独立原则）
- 2 简单明了。

不足：

尺寸公差、形位公差值固定，有时不能充分利用给出的尺寸公差。

应用：

可应用于各种功能要求。也可用于象印刷机、印染机滚筒等尺寸误差与形位误差的要求相差较大的要素。



公差原则

公差原则

相关原则



包容要求

最大实体要求

可逆最大实体要求

最小实体要求

可逆最小实体要求

用于保证配合性质不变

用于保证自由装配

用于保证自由装配

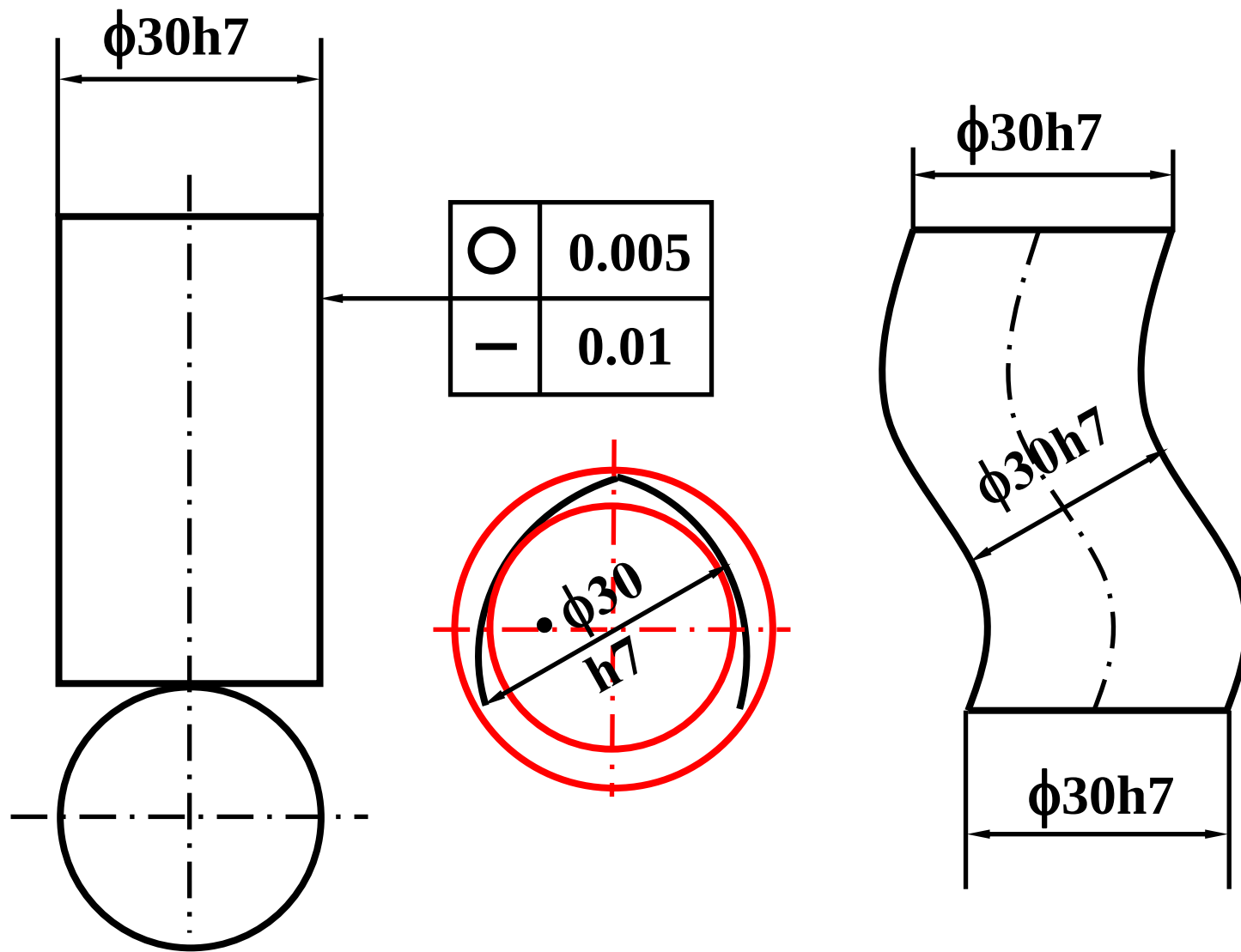
用于保证最小壁厚

用于保证最小壁厚

独立原则

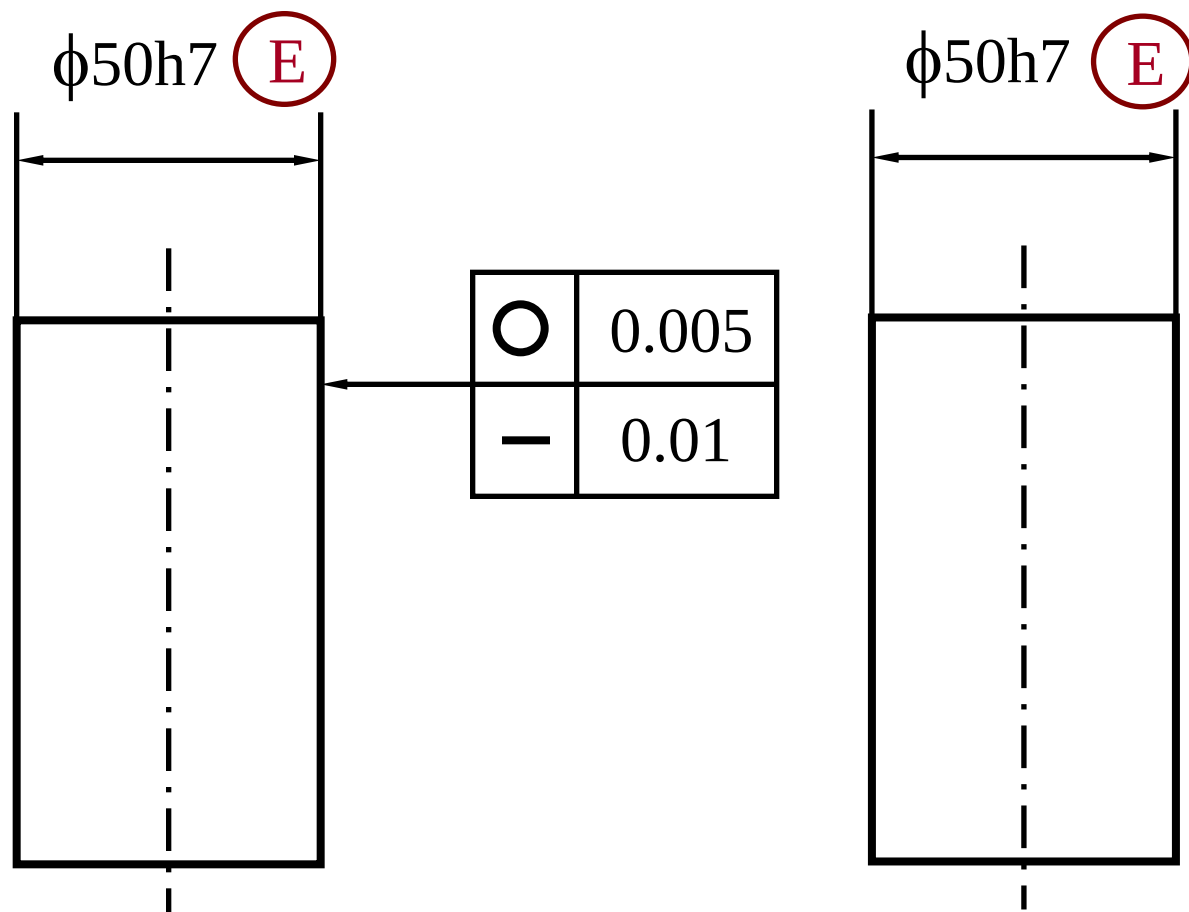


独立原则





相关原则---包容要求



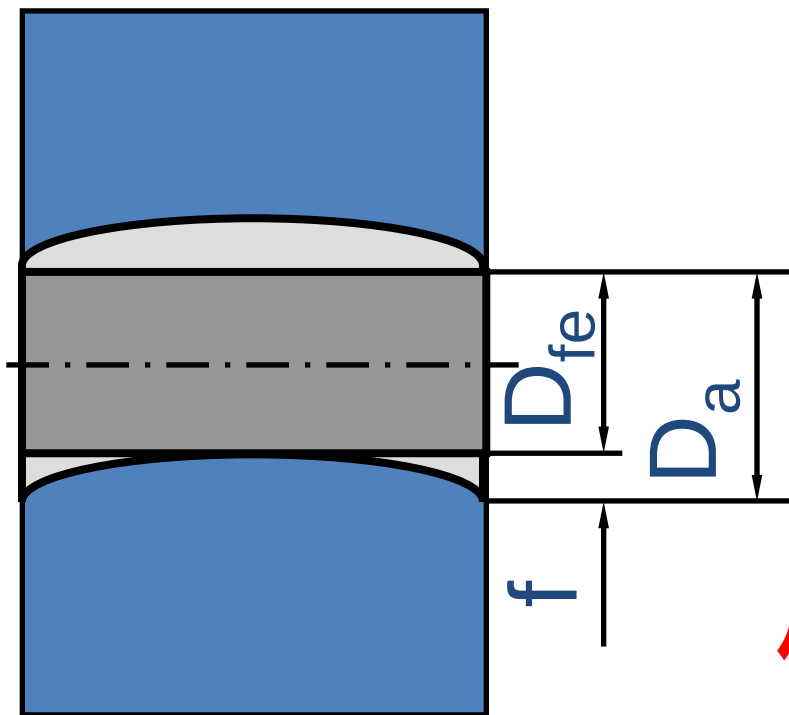
按包容要求给出尺寸公差时，需要在尺寸公差带代号或极限偏差后面标注符号 **E**。



公差原则---体外作用尺寸

体外作用尺寸（从装配考虑）

孔的体外作用尺寸是指在结合面的全长上与实际孔内切的最大理想轴的尺寸，用 D_{fe} 表示。（最大内切）



$$D_{fe} = D_a - f$$

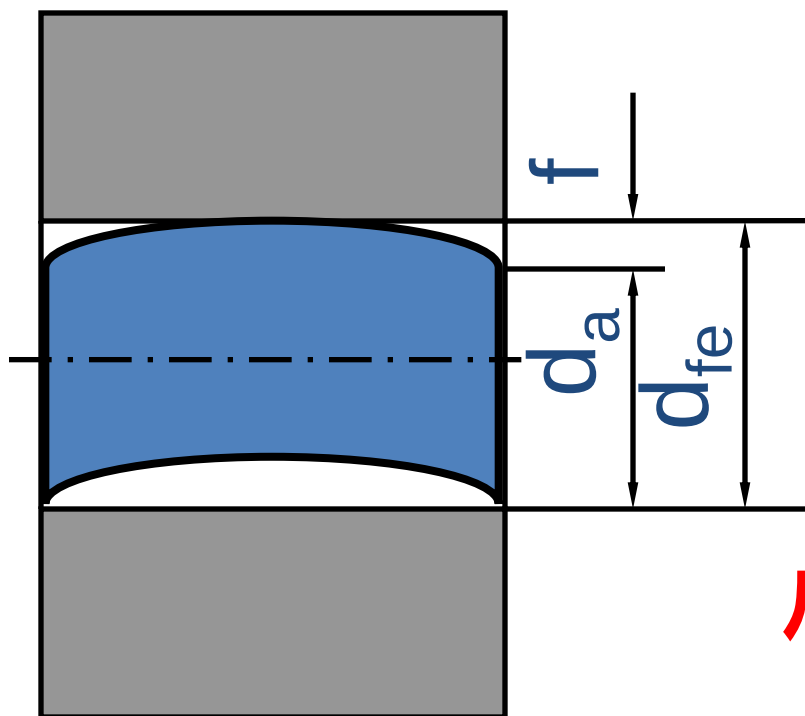
从装配角度圆度应该如何评价



公差原则---体外作用尺寸

体外作用尺寸（从装配考虑）

轴的体外作用尺寸是指在结合面的全长上与实际轴外接的最小理想孔的尺寸，用 d_{fe} 表示。（最小外接）



$$d_{fe} = d_a + f$$

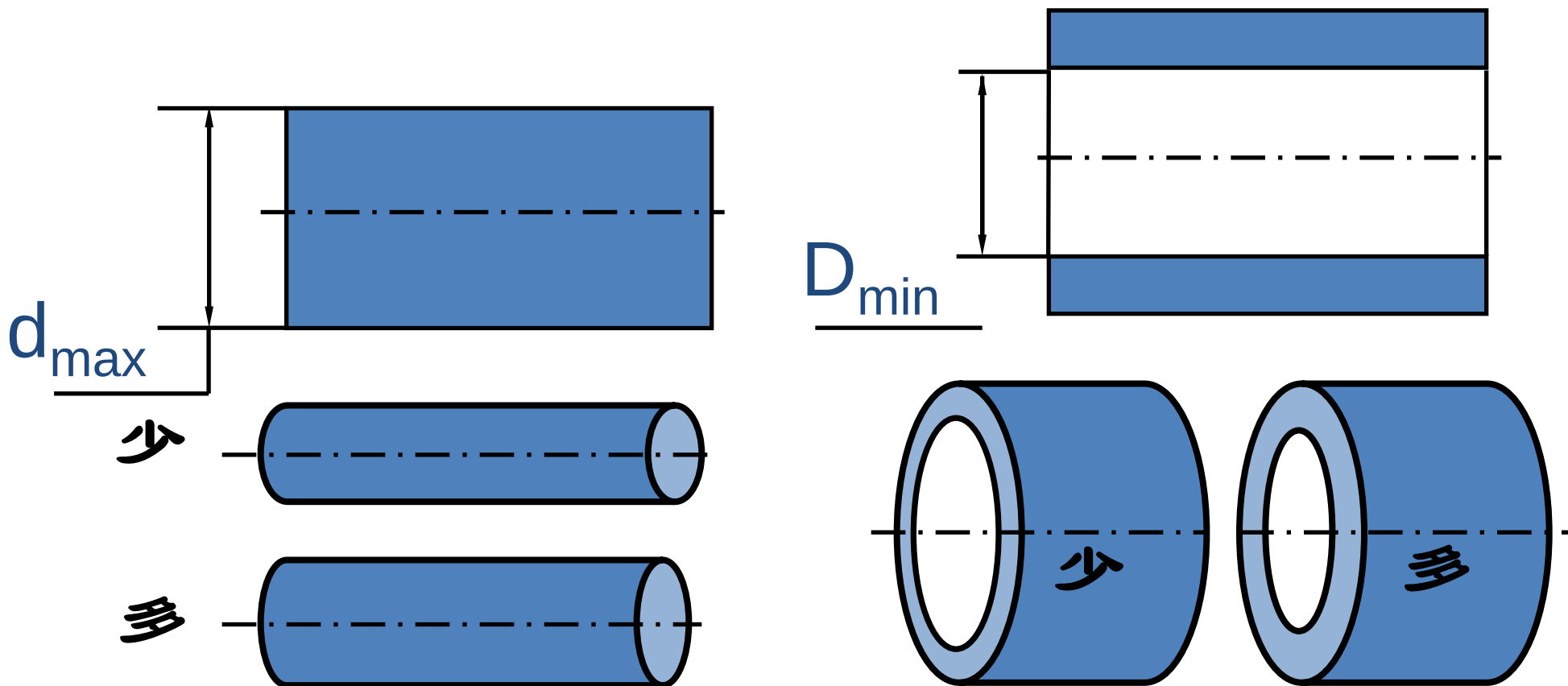
从装配角度圆度应该如何评价



公差原则---最大实体 (M)

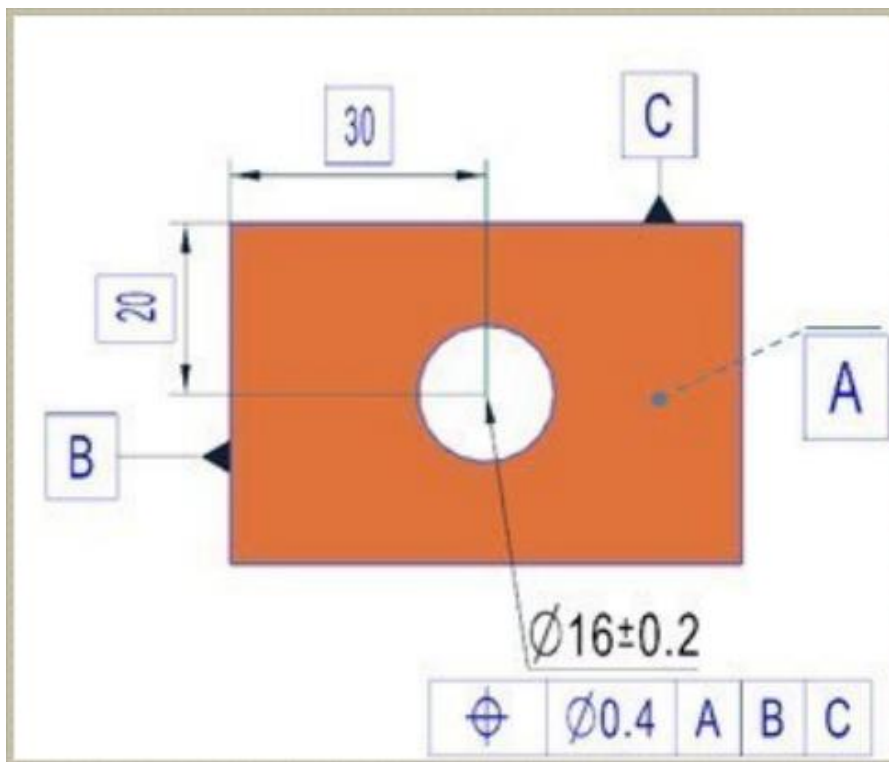
最大实体状态和最大实体尺寸(材料最多)

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。**轴**的最大实体尺寸为 d_{max} ，**孔**的最大实体尺寸为 D_{min} 。





公差原则---最大实体 M



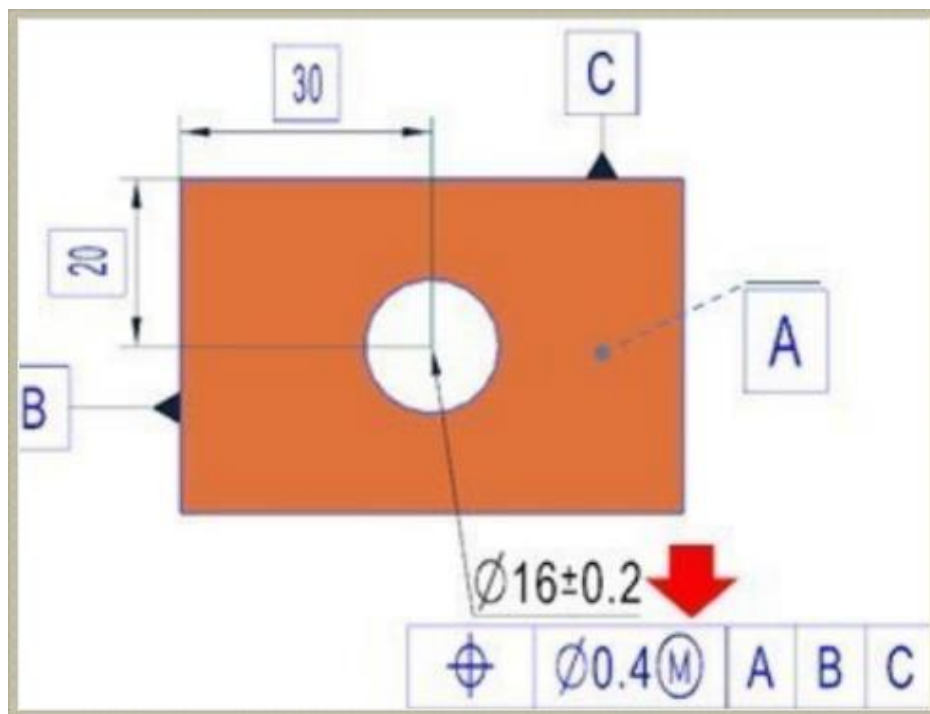
$\oplus$	$\varnothing 0.4$	A	B	C
----------	-------------------	---	---	---

孔的大小	允许的位置度
15.8	0.4
15.9	0.4
16.0	0.4
16.1	0.4
16.2	0.4

位置度后面不带M圈



公差原则---最大实体 M



$\oplus$ $\varnothing 0.4$ M A B C

孔的大小	允许的位置度
15.8	0.4
15.9	0.5
16.0	0.6
16.1	0.7
16.2	0.8

位置度后面带M圈



公差原则---最大实体

	Ø0.4	A	B	C
---	------	---	---	---

孔的大小	允许的位置度
15.8	0.4
15.9	0.4
16.0	0.4
16.1	0.4
16.2	0.4

	Ø0.4 	A	B	C
---	--	---	---	---

孔的大小	允许的位置度
15.8	0.4
15.9	0.5
16.0	0.6
16.1	0.7
16.2	0.8

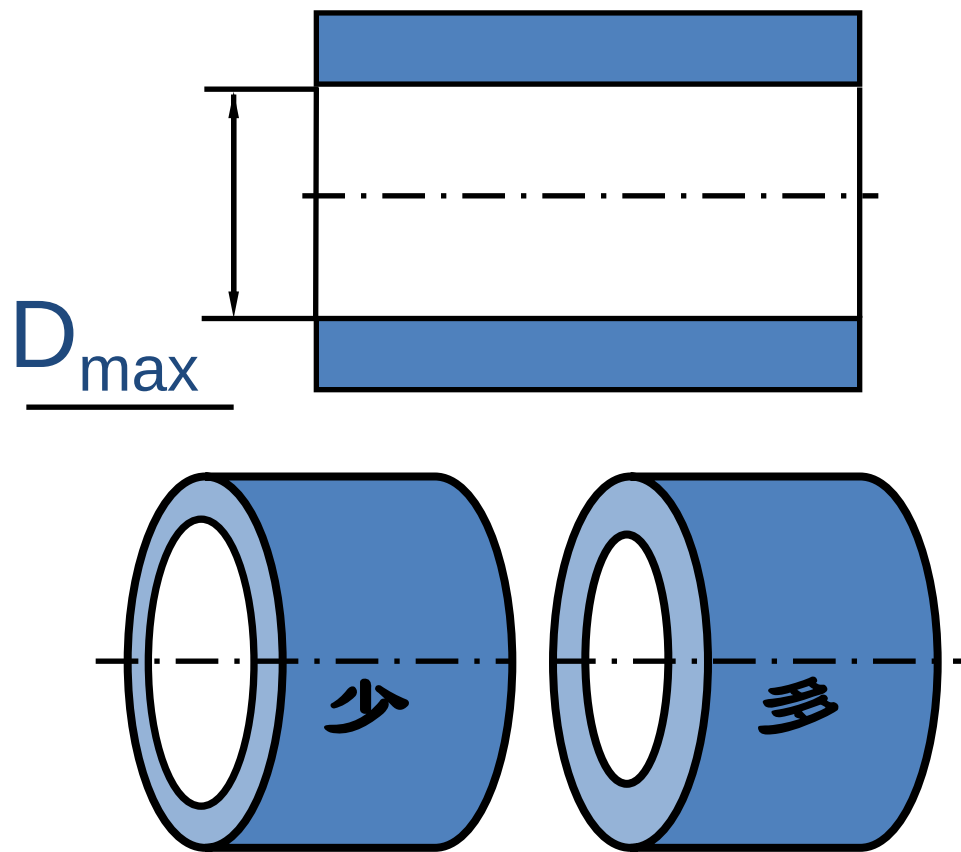
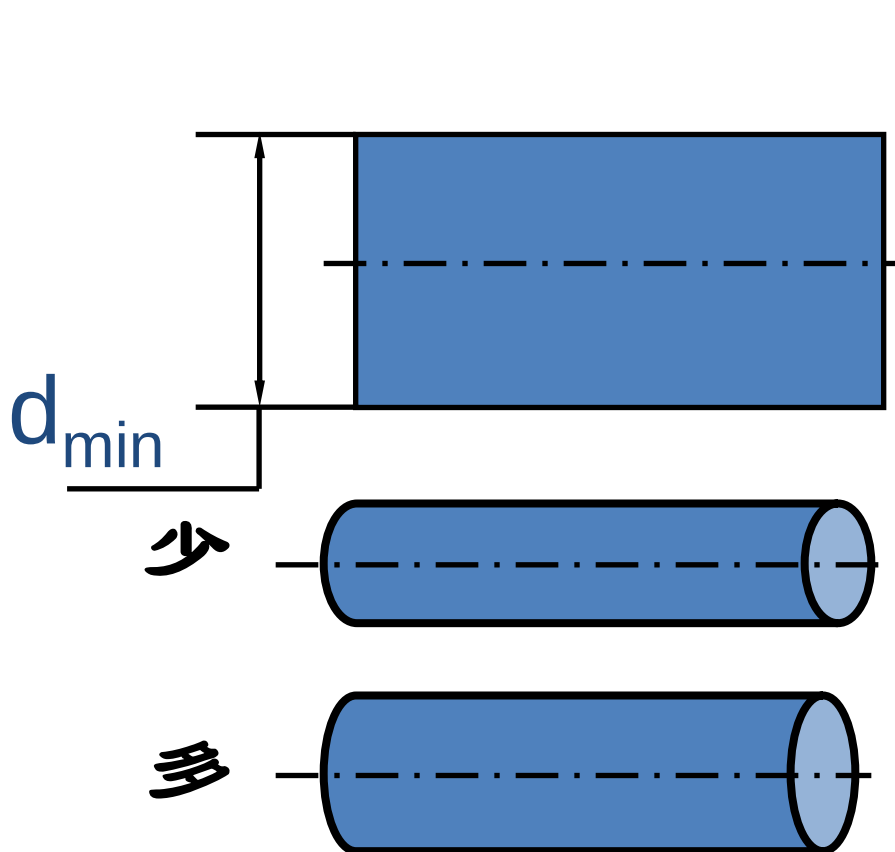
位置度后面加M圈：
保证装配，放大公差



公差原则---最小实体(L)

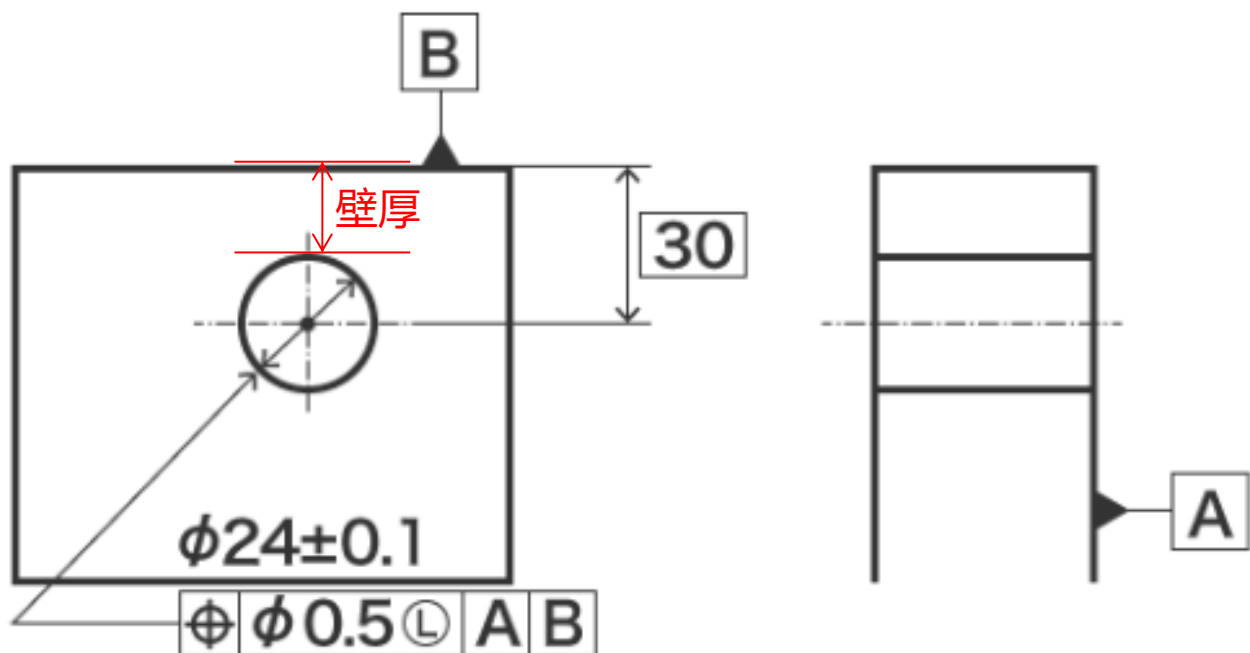
最小实体状态和最小实体尺寸（材料最少）

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。**轴**的最小实体尺寸为 $d_{\min}$ ，**孔**的最小实体尺寸为 $D_{\max}$





公差原则---最小实体 $\textcircled{L}$

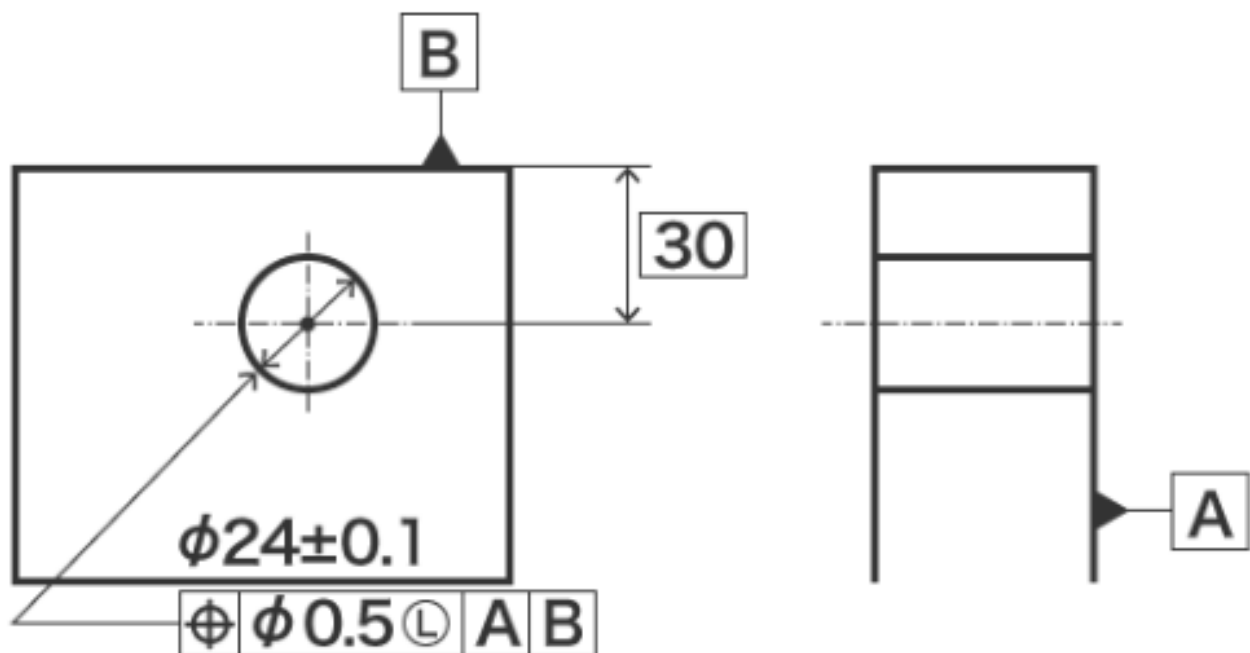


孔径	位置度	最大偏差	最小壁厚
24.1	0.5	0.25	17.7
24	0.6	0.3	17.7
23.9	0.7	0.35	17.7

上图是用位置度表示最小厚度时，用最小实体要求标示端面与孔洞的示例。
在尺寸容许区间适用时，位置度 $\phi 0.5$ 仅适用于孔 24 为最小实体状态的 $\phi 24.1$ 。
此时，孔洞越小，几何公差就越能得到缓和。



公差原则---最小实体(L)



位置度后面加L圈：
保证强度，放大公差

对设计值而言，最差的厚度条件，就是孔径大（最小实体尺寸）、位置靠近端面侧的情形。反之，小孔径状态（最大实体状态）下，即使孔洞靠近端面侧，强度也能够得到保障



公差原则---最大实体实效尺寸

最大实体实效尺寸

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。**轴**的最大实体实效尺寸为 d_{MV} 。

$$d_{fe} = d_a + f$$

$$d_{MV} = d_{max} + t$$

最大实体实效尺寸

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。**孔**的最大实体实效尺寸为 D_{MV} 。

$$D_{fe} = D_a - f$$

$$D_{MV} = D_{min} - t$$

• 主要



公差原则---边界

边界

边界是由设计给定的**具有理想形状的极限包容面**。设计时，为控制被测要素实际尺寸和形位误差的综合结果，需要对其规定允许的极限即边界。**被测要素实际轮廓不得超出该边界**。

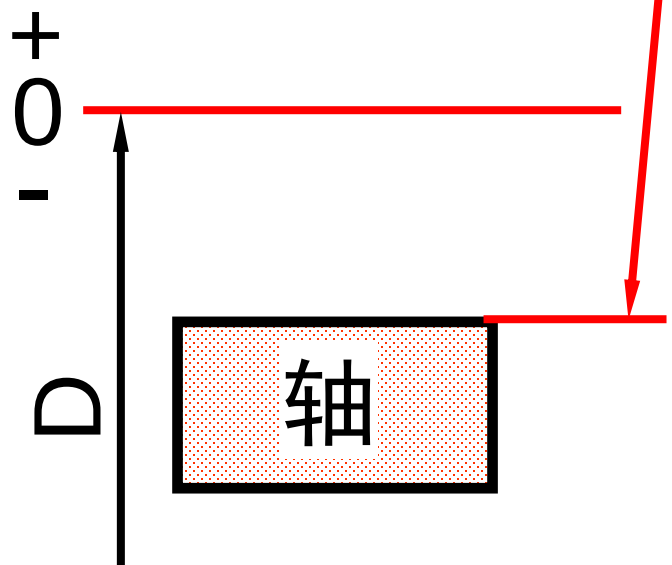
单一要素的边界没有方位约束，关联要素的边界应与基准保持图样上给定的几何关系。边界的直径或宽度称为边界尺寸。



公差原则---轴的最大实体实效边界

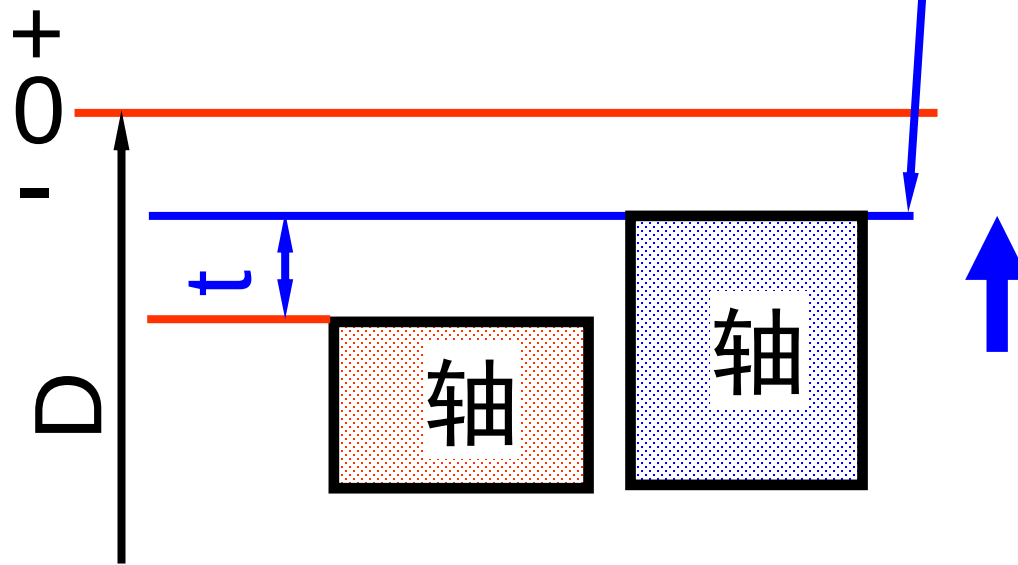
最大实体边界

$d_{\max}$



最大实体实效边界

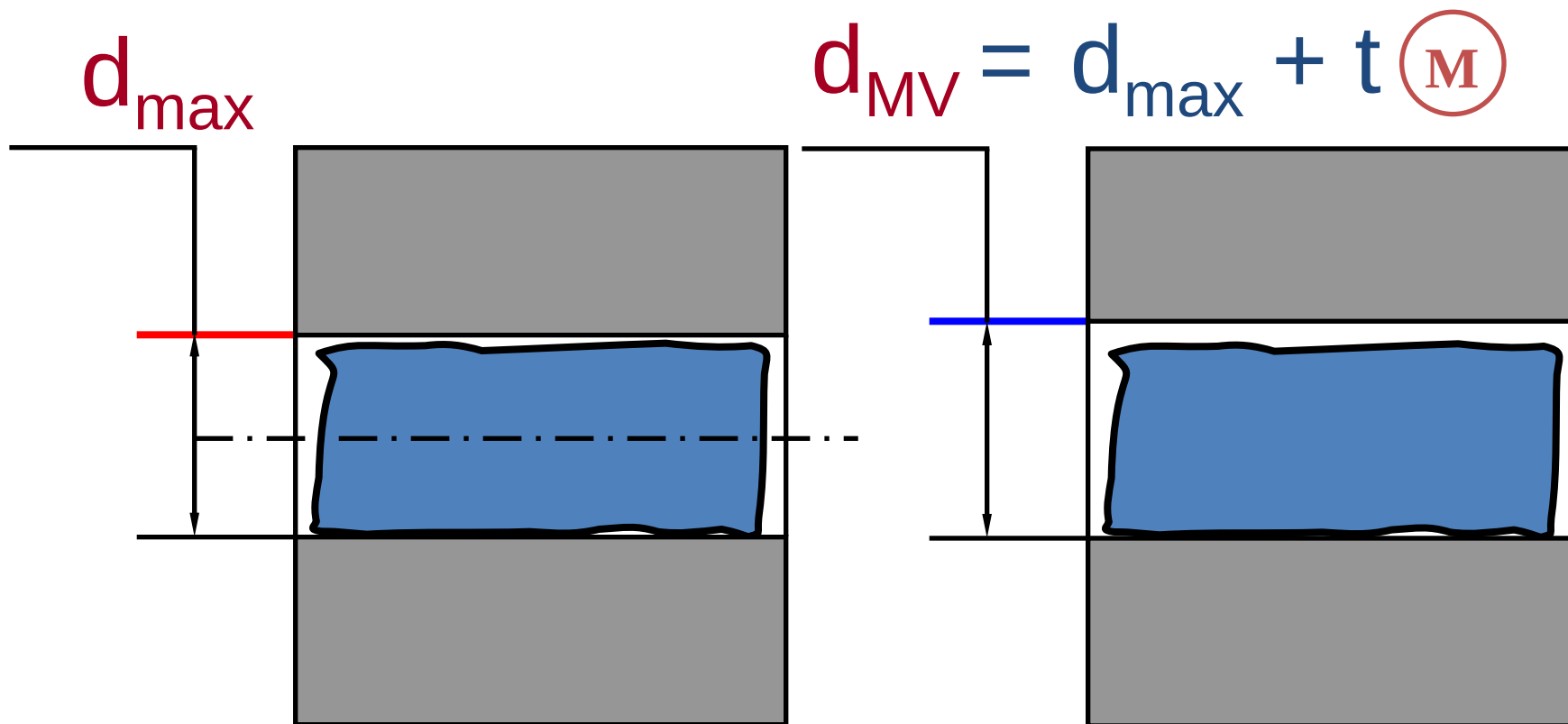
$$d_{MV} = d_{\max} + t \textcircled{M}$$



极限包容



公差原则---轴的最大实体实效边界



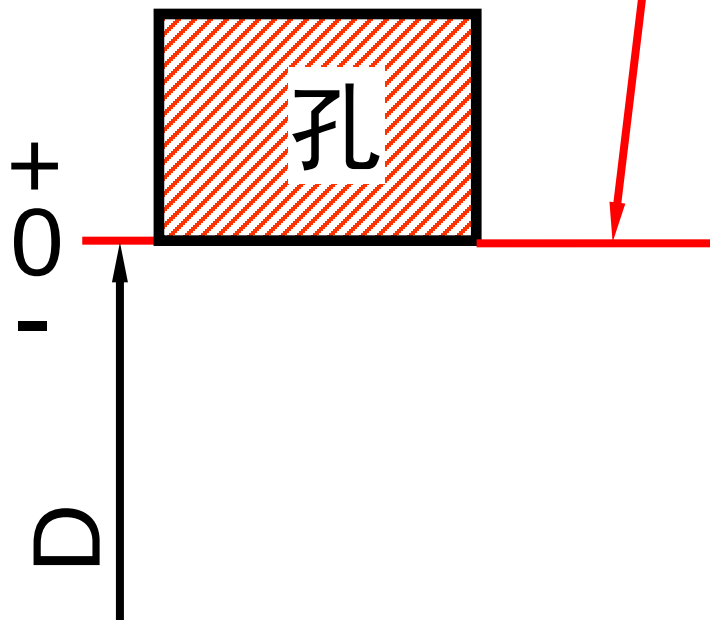
极限包容



公差原则---孔的最大实体实效边界

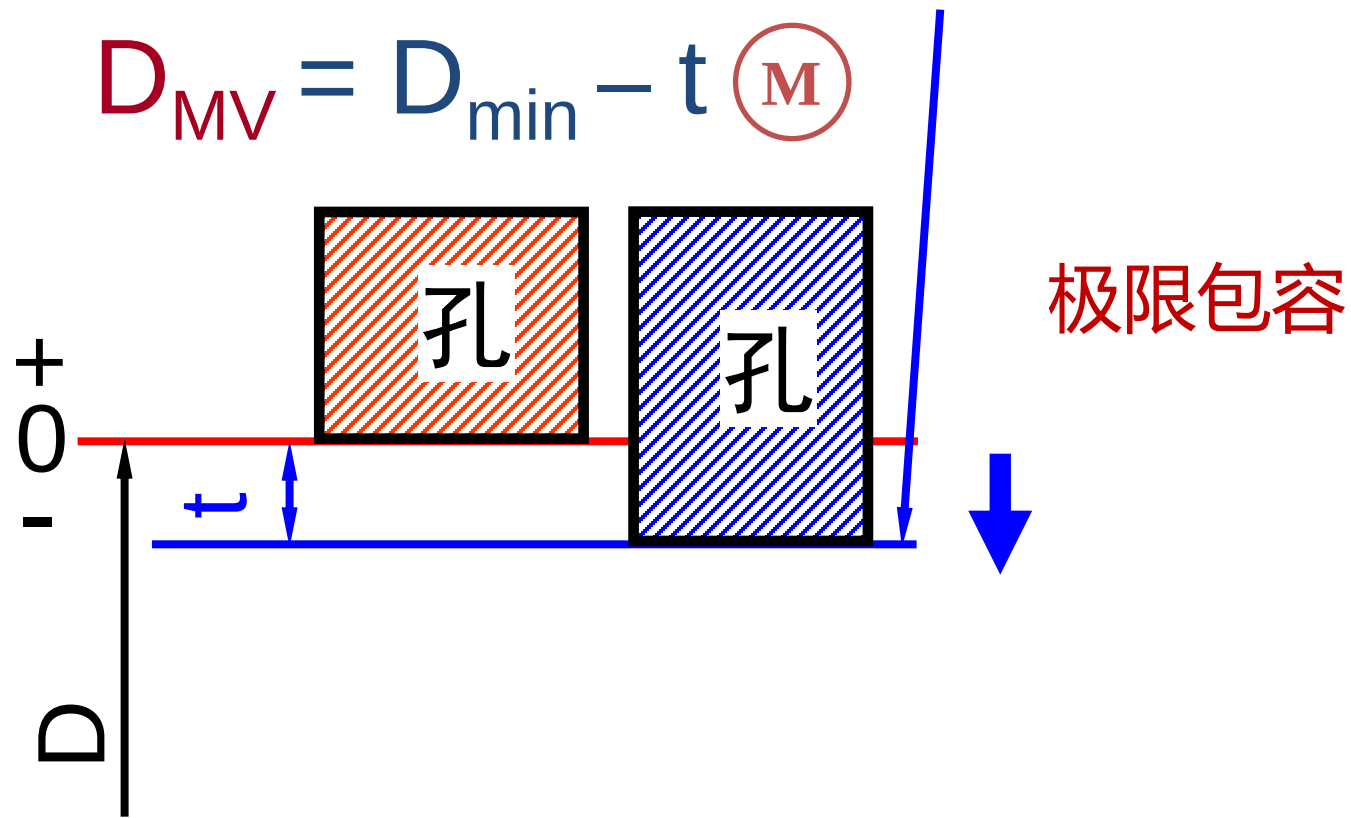
最大实体边界

$D_{\min}$



最大实体实效边界

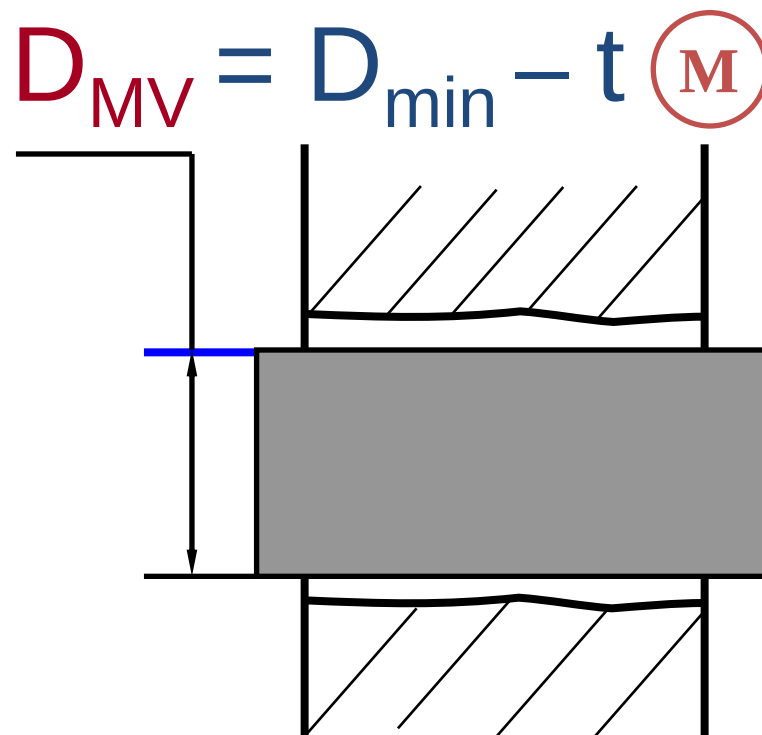
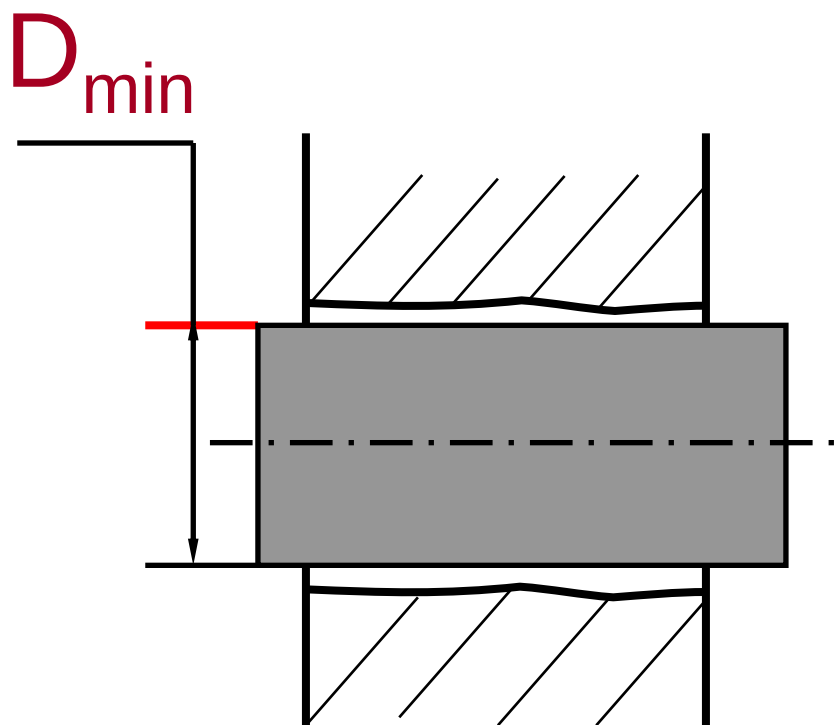
$$D_{MV} = D_{\min} - t \textcircled{M}$$



极限包容



公差原则---孔的最大实体实效边界



极限包容



公差原则---可逆原则®

使用条件®

可逆要求仅适用于**中心要素**即轴线或中心平面，且只应用于**被测要素**，不能用于基准要素。

可逆要求本身**不能独立使用**，必须与最大实体要求或最小实体要求**一起使用**。

®

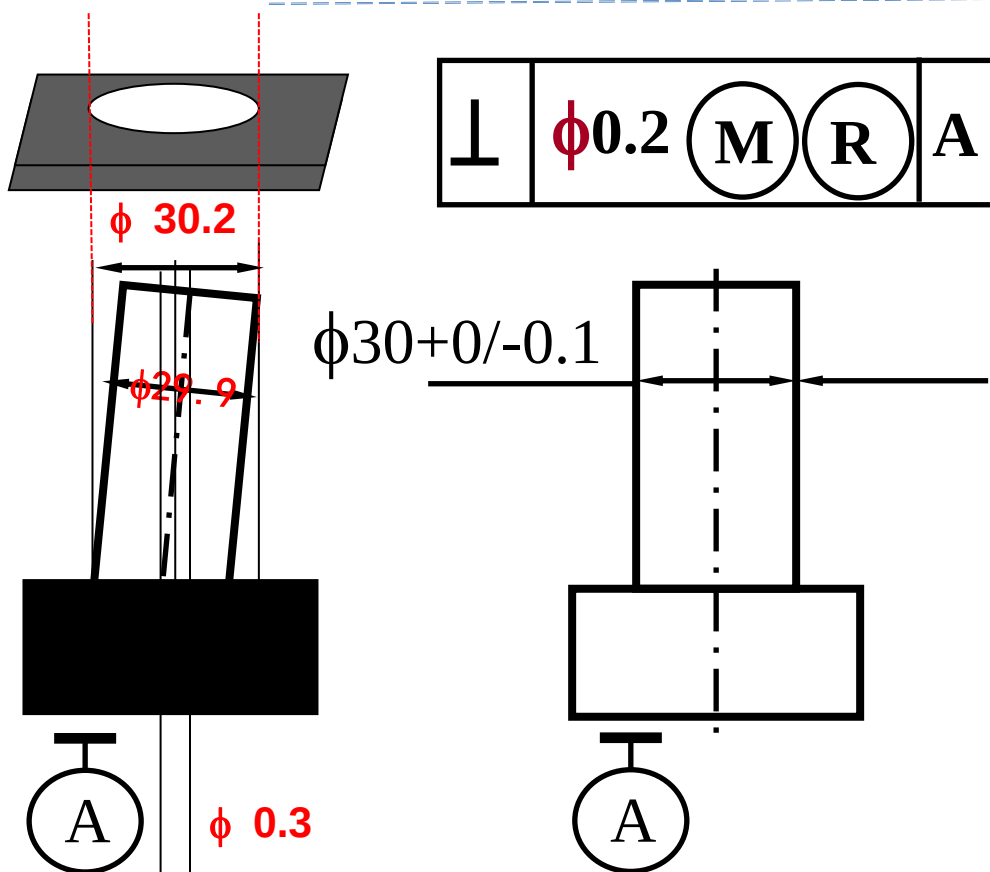
1.中心要素(中分面/中分线)

2.被测要素

3.配合使用 ((M) 或 (L))



公差原则---可逆原则®



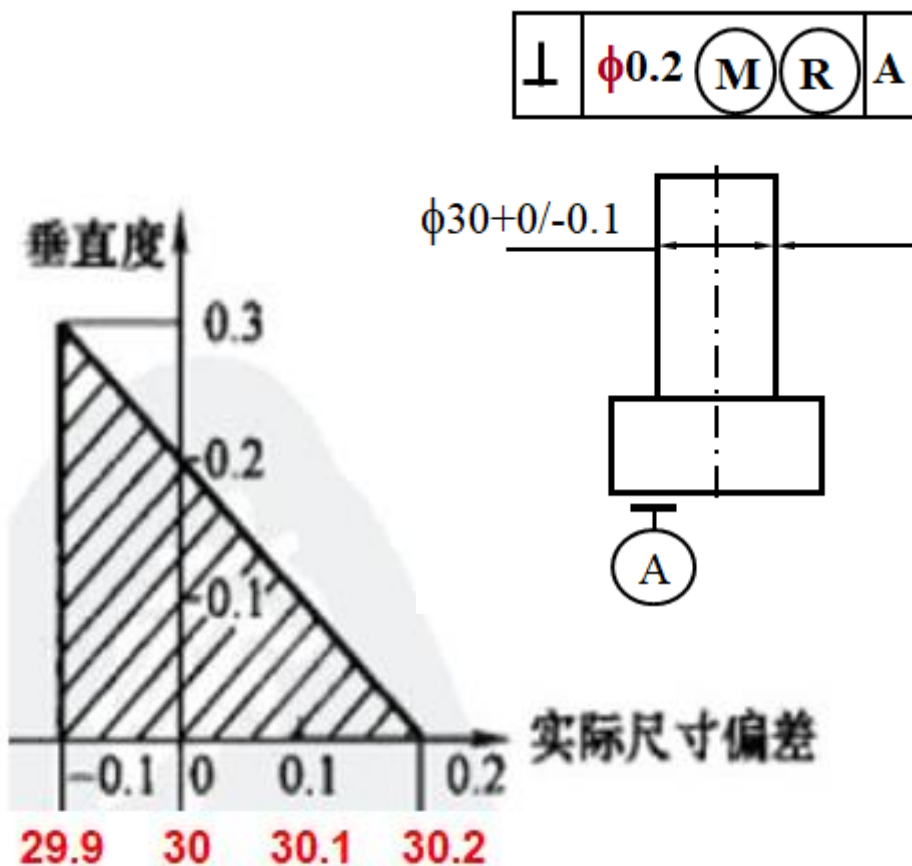
1. 轴的实际直径不能小于**最小实体尺寸** $\phi 29.9\text{mm}$ 。
2. 被测轴的实际轮廓面不得超出**最大实体实效边界**，即其体外作用尺寸不超出**最大实体实效尺寸** $\phi 30\text{mm} + 0.2\text{mm} = \phi 30.2\text{mm}$ ，
上述要求表示：当轴的所有局部实际尺寸都是最小实体尺寸29.9mm时，按照最大实体要求，其轴线的垂直度误差可得到尺寸公差最大补偿值0.1mm，此时垂直度误差允许达到最大值
 $0.2\text{mm} + 0.1\text{mm} = 0.3\text{mm}$

当垂直度误差为0mm时，按照可逆要求，其实际直径可得到垂直度公差最大补偿值0.2mm，此时局部实际尺寸可为 $\phi 30\text{mm} + 0.2\text{mm} = \phi 30.2\text{mm}$
垂直度误差和实际尺寸无论怎样变化，其实际轮廓均不能超出其控制边界

可逆原则：尺寸公差和位置公差的相互转换



公差原则---可逆原则®



轴实际尺寸	垂直度
29.9	0.3
30	0.2
30.1	0.1
30.2	0

1. 垂直度0.2，使用最大实体补偿，垂直度可达到0.3
2. 由此得出最大实体实效尺寸边界30.2，使用可逆原则后，尺寸公差与位置公差可以相互转换

