

教 案

2025-2026 学年第一学期

课程名称

公差配合与测量技术

专业班级

机电一体化技术(3+证书)251
机电一体化技术(三二分段)251

总学时数

48 学时

任课教师

魏毓文

课程基本信息

课程名称	公差配合与测量技术			
课程性质	专业基础课	学分	3.0	
学时	总学时：48 学时。 其中：课堂讲授 32 学时；实训/实验 16 学时；线上教学 0 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	魏毓文	
授课专业、班级	机电一体化技术(3+证书)251 机电一体化技术(三二分段)251	开课学期	2025-2026 第一学期	
成绩评定	平时成绩占 40 %；期末成绩占 60 %	考核方式	考查	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	公差配合与测量技术	吴政，黎世 锷，王东阳	郑州大学出版社	2023.2
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	本课程既是机械类和近机械类专业重要的基础技术知识，也是机械类各专业必须掌握的知识，它与机械设计、机械制造等专业课程有着密切的联系，是从基础知识学习过渡到专业知识学习的桥梁，是机电技术类各岗位人员必备的基础知识和技能，在生产一线具有广泛的实用性。			
本课程教学目标	(1) 掌握公差配合与技术测量的基础知识； (2) 能够正确选用相关的公差配合标准； (3) 能够正确选用量具量仪，会进行一般的技术测量工作。			
素质(思政)内容与要求	(1) 提高分析与解决问题的能力； (2) 激发学生对机械制造的兴趣，培养其严谨的科学态度和工作作风； (3) 在实验操作中培养创新意识和团队协作精神。			
学生用主要参考资料	吴政，黎世锷，王东阳 主编《公差配合与测量技术》 郑州大学出版社，2023.2			

第1章 互换性与标准化（4学时）

课时：2课时

教学目的和要求：

本模块作为本课程的开篇,通过对互换性的讲解,引出了全课程的内容,因此教学中要充分利用趣味性来引导学生对本课程特点的理解,提高学生的学习积极性.为此提出如下要求:

1. 了解互换性的含义;
2. 懂得学习《公差配合与技术测量基础》的重要性。

教学重点及难点:

- (1) 掌握互换性的概念及其在机械制造业中的应用。
- (2) 掌握加工误差与公差之间的关系。
- (3) 理解标准化与计量、优先数的概念。

思政元素融入：培养其严谨的科学态度和工作作风，增强质量意识和工程伦理意识。

教学方法及手段：讲授

教学内容：

一、互换性的概述

1、互换性的含义

在机械工业中,互换性是指制成的同一规格的一批零件或部件,不需作任何挑选,调整或辅助加工(如钳工修配),就能进行装配,并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。例：同型号的轴承、光管、螺钉等等。

互换性内容：几何参数，力学性能，物理化学性能等方面。

2、作用

有利于组织专业化协作。

有利于用现代化工艺装配。

有利于采用流水线和自动线生产方式。

提高生产效率，降低成本，延长机器使用寿命。

3、分类

①完全互换性：若零件在装配或更换时，不作任何选择，不需调整或修配，就能满足预定的使用要求，则成为完全互换性（当不限定互换范围时，称为完全互换法，也叫绝对互换法）。

②不完全互换性：由于某种特殊原因只允许零件在一定范围内互换时，称为不完全互换法。

4、互换性条件

一批相同规格的零件具有互换性的条件为：实际尺寸在允许的范围内；形状误差在允许的范围内；位置误差在允许的范围内；表面粗糙度达到规定的要求。

二、几何量的误差

1、几何误差：零件在加工过程中由于某种因素的影响，而造成的误差称为几何误差。

2、公差：几何误差及其控制范围，称为公差。

3、国家标准有缘学习更多关注桃报：奉献教育（店铺）

尺寸的大小——公差与配合

形位公差：宏观几何形状——形状公差

相互位置关系——位置公差

微观几何形状——表面粗糙

螺纹尺寸的大小——螺纹公差

公差标准和标准化

定义：对零件的公差和相互配合所制定的标准称为公差标准

几何量的测量

对零件的测量是保证互换性生产的一个重要手段。

小结：

掌握互换性的概念及其意义、互换性的条件。了解公差与配合标准与技术测量发展概况，了解优先数

和优先数系,明确本课程的性质和特点。

第2章 极限与配合 (14学时)

教学目的和要求:

本模块教学的根本目的在于使学生能看懂图纸上标注的公差配合要求,学会有关表格的查阅。

为此提出如下要求:

1. 熟悉基本术语和定义,掌握有关尺寸偏差、尺寸公差的概念及其与极限尺寸的关系、配合的概念及其配合的种类、盈隙量的计算;
2. 掌握尺寸公差带的组成要素(标准公差、基本偏差)和正确应用;
3. 掌握极限与配合标准的基本规定;
4. 学会公差配合在图纸上的标注方法和会查阅有关表格。

思政元素融入:培养增强质量意识和工程伦理意识。

§ 2-1 基本术语及定义

课时: 4 课时

教学目的和要求:

掌握有关尺寸、公差的术语及定义,学会有关尺寸及偏差计算,能绘制尺寸公差带图。

教学重点及难点:

尺寸、公差、偏差概念,尺寸公差带图的作法

教学方法及手段: 讲授、练习

教学内容:

一、孔和轴

- ①孔——指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由二平行平面或切面形成的包容面)
- ②轴——指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由二平行平面或切面形成的被包容面)

二、尺寸的术语和定义

1、尺寸

- ①定义 用特定单位表示长度值的数字称为尺寸。
- ②内容 尺寸指的是长度的值,由数字和特定单位两部分组成包括长度,宽度和中心距等。

2、基本尺寸(D,d)

- ①定义: 标准规定,设计时给定的尺寸称为基本尺寸。孔的基本尺寸用“D”表示,轴的基本尺寸用“d”表示,后同。
- ②标准尺寸: 标准化了的尺寸称为标准尺寸。适用于有互换性或系列化要求的主要尺寸。

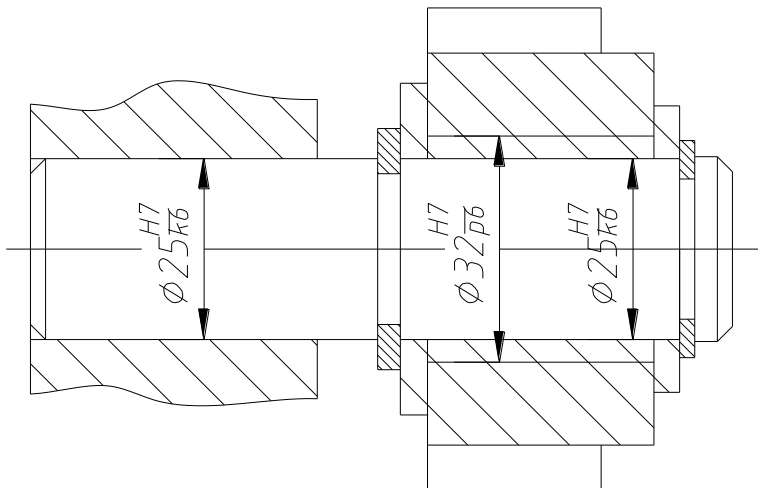


图 1-1 车床主轴箱中间轴装配图和零件图

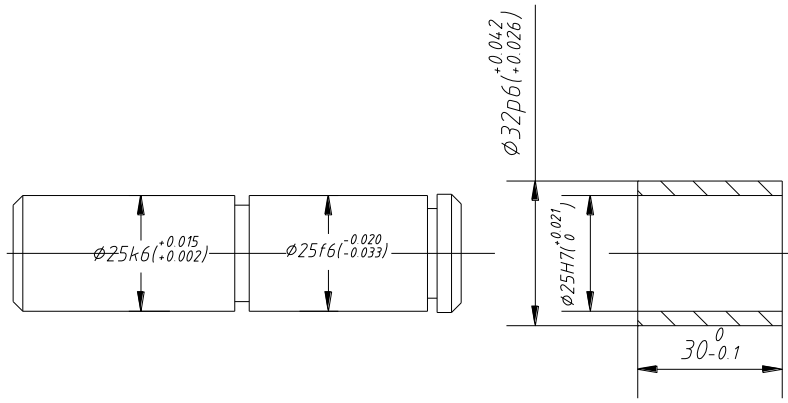


图 1-1 车床主轴箱中间轴装配图和零件图

a) 装配图 b)中间轴零件图 c)齿轮衬套零件图

作用：减少定值刀具，量具，型材和零件尺寸的规格,(图 1-1)

3、实际尺寸 (Da,da)

定义 通过测量获得的尺寸。

由于存在测量误差，实际尺寸并非尺寸的真值。

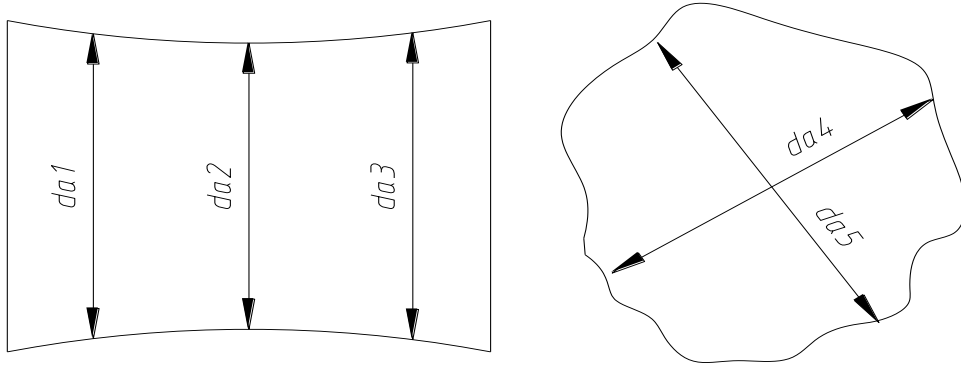


图 1-2 实际尺寸

实际尺寸包括零件毛坯的实际尺寸，零件加工过程中工序间的实际尺寸和零件制成后的实际尺寸。

4、极限尺寸

①定义 允许尺寸变化 的两个界限值，统称为极限尺寸。

最大极限尺寸： 一个孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸 (Dmax,dmax)。

最小极限尺寸： 一个孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸 (Dmin,dmin)。

根据下图 1-3 讲解

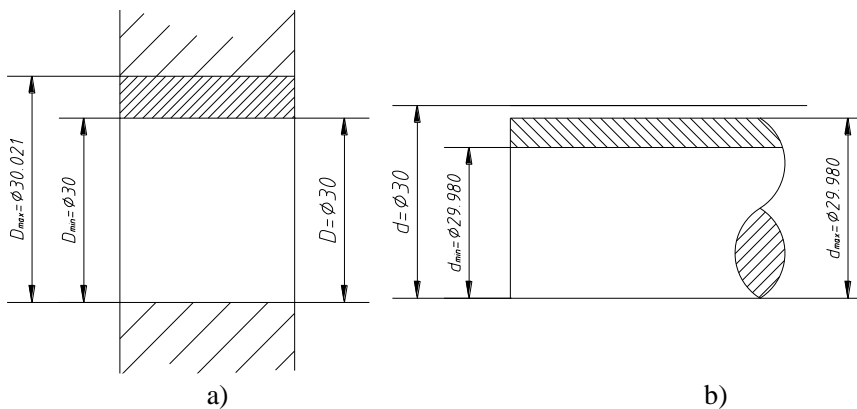


图 1-3 所示：

D= ϕ 30mm

d= ϕ 30mm

Dmax= ϕ 30.021mm

dmax= ϕ 29.993mm

$$D_{\min} = \phi 30\text{mm} \quad d_{\min} = \phi 29.980\text{mm}$$

分析：①基本尺寸和极限尺寸是设计时给定的。

②基本尺寸可以在极限尺寸确定的范围内，也可以在极限尺寸所确定的范围外。即基本尺寸大于，等于，小于极限尺寸。

③尺寸合格条件

最小极限尺寸 ≤ 实际尺寸 ≤ 最大极限尺寸；

孔： $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$

轴： $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$

[教学回顾]

1、尺寸、基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸的定义及符号。

2、基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸的关系。

[课题引入]

从基本尺寸、实际尺寸、极限尺寸的关系我们可以看出，当用极限尺寸减基本尺寸或者用实际尺寸减基本尺寸时，两者之间会等到一个差值，这个值我们把它叫做偏差值。这就是我们这节课要讲述的内容：

[讲授新课]

三、公差与偏差的术语及定义

尺寸偏差（简称偏差）

定义：尺寸偏差是指某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

注：由于尺寸有极限尺寸，实际尺寸之分，因此偏差可分为极限偏差和实际偏差。

(1) 极限偏差

定义 极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。

由于极限尺寸有最大极限尺寸和最小极限尺寸之分，极限偏差又可分为上偏差和下偏差（图 1-4）。

①上偏差：最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差， (ES, es) ， $ES = D_{\max} - D$

$$es = d_{\max} - d \quad (1-1a)$$

下偏差：最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。 (EI, ei) 。

$$EI = D_{\min} - D$$

$$ei = d_{\min} - d \quad (1-1b)$$

强调：①偏差可以为正值、负值、零值。

②计算时应注意偏差的正、负符号，应一起代到计算式中运算

③偏差的五种类型：

a、上正下正； b、上负下负； c、上正下负；

d、上正下零； e、上零下负。

(2) 实际偏差 (Ea, ea)

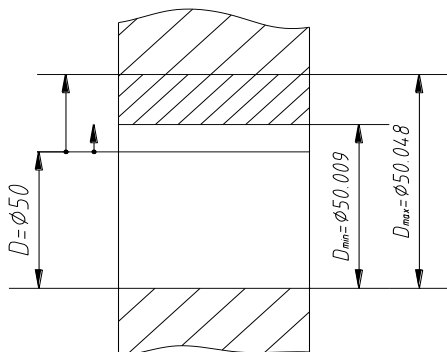
定义：实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。

公式： 孔： $Ea = D_a - D$ 轴： $ea = d_a - d$

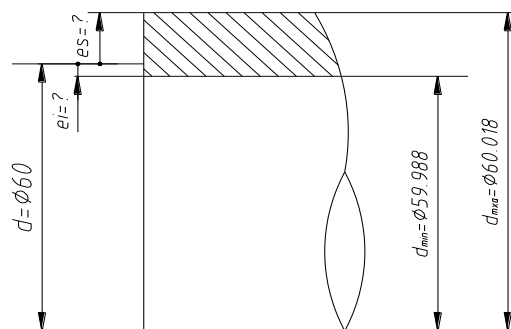
零件合格条件： 孔： $EI \leq Ea \leq ES$ 轴： $ei \leq ea \leq es$

因此，合格零件的实际偏差应在上，下偏差之间。

(3) 尺寸偏差计算举例



1-5 孔的偏差计算示例



1-6 轴的偏差示例

例 1-1: 已知某孔基本尺寸为 $\phi 50\text{mm}$, 最大极限为 $\phi 50.048\text{mm}$, 最小极限尺寸为 $\phi 50.009\text{mm}$ (图 1-5), 试求上偏差、下偏差各为多少?

解: $ES = D_{\max} - D = 50.048 - 50 = +0.048\text{mm}$

$EI = D_{\min} - D = 50.009 - 50 = +0.009\text{mm}$

例 1-2 设计一轴, 其直径的基本尺寸为 $\phi 60\text{mm}$, 最大极限尺寸为 $\phi 60.018\text{mm}$, 最小极限尺寸为 $\phi 59.988\text{mm}$ (图 1-6), 求轴的上偏差、下偏差。

解: $es = d_{\max} - d = 60.018 - 60 = +0.018\text{mm}$

$ei = d_{\min} - d = 59.988 - 60 = -0.012\text{mm}$

零线与尺寸公差带图

为了清晰地表达上述各量及相互关系, 一般采用极限与配合公差带图, 在图中将公差和极限偏差部分放大, 如图 1-9 所示

公差带图解定义: 不必画出孔与轴的全形, 只要扫着标准的规定将有关的部分放大画出来的图示方法称为尺寸公差带图解(图 1-10 所示)。

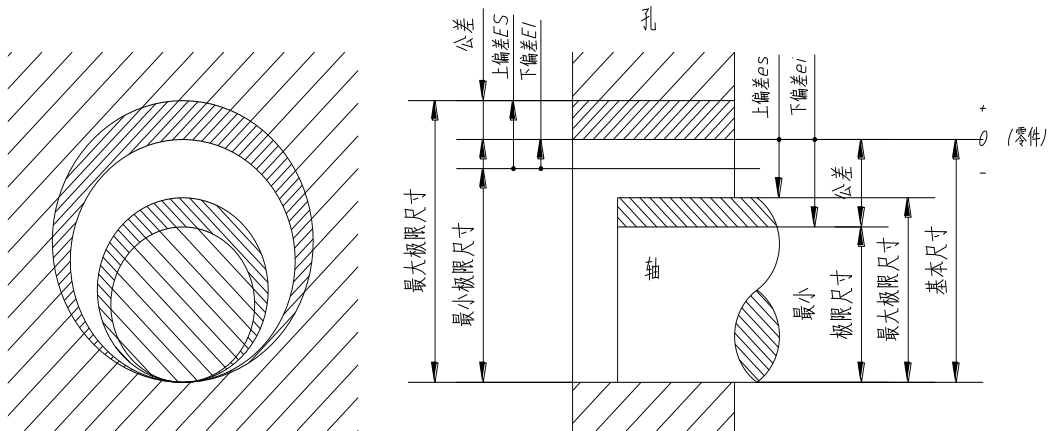


图 1-9 极限与配合示意

图 1-10 公差带图解

(1) 零线

①定义: 表示基本尺寸的一条直线称为零线。(或在公差带图中, 任一偏差的一条基准线称为零线)。

②零线画法

a: 通常将零线沿水平方向绘制, 在其左端画出表示偏差大于的纵坐标轴并标上“0”和“+”“—”号, 在其左下方画上单向箭头的尺寸线, 并标上基本尺寸值。

b: 正偏差位与零线上方, 负偏差位于零线下方, 零偏差于零线重合。

(2) 公差带

公差带定义: 在公差带图中, 由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域称为尺寸公差带, 简称公差带。

① 一般在同一图中, 孔和轴的公差带的剖面线的方向应该相反, 且疏密程度不同。

② 公差带包括了公差带大小与公差带位置两要素, 大小由标准公差确定, 位置由基本偏差确定。

③标准公差

标准极限与配合制中, 所规定的任一公差。见表 1—3。

④基本偏差

在标准极限与配合制中, 确定公差带相对零线位置的那个极限偏差。

标准规定: 一般以靠近零线的那个偏差作为基本偏差。

四、配合的术语及定义

1、配合

基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴公差带之间的关系称为轴合。

2、间隙与过盈

(1) 间隙 (X)

孔尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差，当此值为正值时称为间隙。间隙数值应标“+”号。

(2) 过盈 (Y)

孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差，当此值为负值时称为过盈。过盈数值前面应标上“-”号

3、配合的类型

(1) 间隙配合:

具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合称为间隙配合。孔的公差带在轴的公差带之上。

(2) 过盈配合

具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合称为过盈配合。

过盈配合时孔的公差带在轴的公差带之下。

(3) 过渡配合

可能具有间隙或过盈的配合称为过渡配合。

当孔的尺寸大于轴的尺寸时，具有间隙；小于轴的尺寸时，具有过盈。

过渡配合时孔的公差带和轴的公差带相互交叠。

(4) 配合公差 (Tf)

定义 允许间隙或过盈的变动量称为配合公差

间隙配合公差等于最大间隙与最小间隙之代数差的绝对值。

$$Tf = X_{\max} - X_{\min} = Th + Ts$$

过盈配合公差等于最小过盈与最大过盈三代数差的绝对值。

$$Tf = Y_{\min} - Y_{\max} = Th + Ts$$

过渡配合公差等于最大间隙与最大过盈之代数差的绝对值。

小结:

熟练掌握孔和轴；有关尺寸的术语定义；有关尺寸偏差、公差的术语定义；有关配合的术语定义；熟练计算极限尺寸、极限偏差、尺寸公差、基本偏差。

2-2 极限与配合国家规定

课时：4 课时

教学目的和要求：

一、标准公差系列

1、标准公差 2、公差等级

二、基本偏差代号

1、定义 2 代号 3 基本偏差表

三、公差及配合代号

1、孔、轴公差带代号

2、配合公差代号

教学重点及难点：

了解标准公差系列、基本偏差系列及新标准，学会查表并计算极限偏差值。

教学方法及手段：讲授、查表

教学内容：

一、标准公差

标准公差：《极限与配合》标准已对公差值进行标准化，标准中所规定的任一公差称为标准公差。

标准公差的数值与两个因素有关：标准公差等级和基本尺寸分段。见表 1-1

1、标准公差等级

(1) 定义：确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。

(2) 国标规定了标准公差 20 级。各级代号由字母 IT 与阿拉伯数据字两部公组成。IT——标准公差，阿拉伯数字——公差等级。

$$\text{III: } \Phi 450\text{H6} \left(\begin{matrix} +0.040 \\ 0 \end{matrix} \right)$$

3、公差带的系列

- ① 孔公差带 543 种，轴公差带 544 种。
- ② 国标规定了优先，常用和一般用途的轴公差带 119 种，孔的优先，常用和一般用途公差带 105 种（图 1-22~1-23）
- ③ 轴常用的公差带 59 种，孔常用的公差带 44 种；孔、轴各有 13 种优先公差带。

四、孔、轴的基本偏差数值

1、基本偏差的数值

通用规则：轴的基本偏差数值是直接利用公式计算而得。孔的基本偏差数值一般情况下可以按公式直接计算而得，称为通用规则。

特殊规则：有些代号孔的基本偏差数值在某些尺寸段和标准公差等级时，必须在公式计算的结果上附加一个 Δ 值，此称为特殊规则。

2、另一极限偏差数值的确定

$$\text{对于孔: } EI=ES-IT, \quad ES=EI+IT \quad (1-16a)$$

$$\text{对于轴: } ei=es-IT, \quad es=ei+IT \quad (1-16b)$$

例 1 已知 $\Phi 8e7$ ，查标准公差和基本偏差并计算另一极限偏差。

$$\text{解: 查表得: } es=-25\mu\text{m}=-0.025\text{mm}$$

$$\text{查表 1-1 得: } IT7=15\mu\text{m}=0.015\text{mm}$$

$$ei=es-IT7=-0.025-0.015=-0.040\text{mm}$$

例 2 已知 $\Phi 10m6$ ，查标准公差和基本偏差并计算另一极限偏差。

$$\text{解: 查表 1-1 得: } IT6=0.009\text{mm}$$

$$\text{查表得: } ei=+6\mu\text{m}=+0.006\text{mm}$$

$$es=ei+IT=0.006+0.009=+0.015\text{mm}$$

3、极限偏差表

1、孔、轴的极限偏差表

轴的极限偏差表（附表一），用来查轴的极限偏差；另一个是孔的极限偏差表（附表二），用来查孔的极限偏差。

2、查表的步骤和方法

- (1) 根据基本偏差的代号是大写还是小写，确定是查孔还是轴的极限偏差表。
- (2) 在极限偏差中首先找到基本偏差代号，再从基本偏差代号下找到公差等级数字所在的列。
- (3) 找到基本尺寸段所在的行，则横和列的相交处，就是所要查的极限偏差数值。

3、举例

例 1、查表确定 20c12 的极限偏差表

$$\text{解: 查表 1-1 得: } IT12=210\mu\text{m}=0.21\text{mm}$$

$$\text{查表得: } es=-110\mu\text{m}=-0.11\text{mm}$$

$$\text{故 } ei=es-IT=-0.11-0.21=-0.32\text{mm}$$

例 2、55H1 的极限偏差

$$\text{解: 查表 1-1 得: } IT1=2\mu\text{m}=0.002\text{mm}$$

$$\text{查表得: } EI=0\text{mm}$$

$$\text{故 } ES=EI+IT1=0.002+0=+0.002\text{mm}$$

例 3、查表确定 100M8 的极限偏差

$$\text{解: 查表 1-1 得: } IT8=54\mu\text{m}=0.054\text{mm}$$

五、配合

1、配合制

定义：配合制是指同一极限制的孔和轴组成配合的一种制度。

种类：基孔制和基轴制。

(1) 基孔制配合

定义：基本偏差为一定的孔的公差带与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度称为基孔制。

基准孔——基孔制配合中选作基准的孔称为基准孔，基本偏差为下偏差，其数值为零，代号为“H”，上偏差为正值，即其公差带在零线上侧，且上偏差用两条虚线段画出，以表示其公差带的变动范围。

根据图 1-24 分析：

- ①当轴的基本偏差为上偏差且 ≤ 0 时，为间隙配合。
- ②当轴的基本偏差为下偏差 > 0 时：
 - 孔与轴的公差带相交叠，为过渡配合；
 - 孔与轴的公差带错开时，为过盈配合。
- ③轴的另一极限偏用一条虚线画出。

(2) 基轴制配合

定义：基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度，称为基轴制。

基准轴——基轴制配合中选作基准的轴称为基准轴。基本偏差为上偏差，其数值为零，下偏差为负值，即基准轴的公差带在零线的下侧，且下偏差用两条虚线段画出。

根据图 1-25 分析：

- ①当轴的基本偏差为下偏差时，为间隙配合。
- ②当孔的基本偏差为上偏差 < 0 时：
 - 孔与轴的公差带交叠，过渡配合；
 - 孔与轴的公差错开时，过盈配合。

(3) 混合配合

国标规定如有特殊需要允许将任一孔，轴的公差带组成配合，如 G8/n7, F7/m6 等。

2、配合代号

国标对配合的代号规定为：用孔、轴公差带代号的组成表示，写成分数形式，分子表示孔的公差带代号，分母表示轴的公差带代号。

例如： $\Phi 50F8/h6$, $G6/H6$, $10H7/n6$ 等等。

3、常用和优先配合

$\leq 500\text{mm}$ 范围内，对基孔制规定了 59 种常用的配合和 13 种优先的配合；对基轴制规定了 47 种常用的配合和 13 种优先的配合。

根据课本教材表 1—3 和表 1—4 分析

① 基孔制就是基准孔 H 与所有轴组成配合的一种制度；基轴制就是基准轴 h 与所有孔组成配合的一种制度。

I、在配合代号中，凡分子为 H 的，配合的基准制为基孔制。

II、在配合代号中，凡分母为 h 的，配合的基准制为基轴制。

② 配合性质的区分

基孔制配合性质的区分：

I、H 与 a~h 组成的配合皆是间隙配合。

II、H 与 j、js、k、m 的配合皆是过渡配合。

III、H 与 r~zc 的配合皆是过盈配合。

IV、H 与 n、p 的配合性质需据具体情况确定。

基轴制配合性质的区分：

I、h 与 A~H 组成的配合皆是间隙配合。

II、h 与 J、JS、K、M 的配合皆是过渡配合。

III、h 与 P~ZC 的配合皆是过盈配合。

IV、h 与 N 的配合性质需据具体情况确定。

六、一般公差——线性尺寸的未注公差

1、线性尺寸的一般公差的概念 在图样上不单独注出公差，而是在图样上，技术文件或技术标准中作出总的说明。

GB/804—79 规定未注公差的公差等级为 IT12 至 IT18，基本偏差一般孔用 H；轴用 h；长度用+IT/2（即 JS 或 js）。

2、线性尺寸的一般公差标准

(1) 适用范围

线性尺寸的一般公差标准既适用于金属切削加工的尺寸，也适用于一般冲压加工的尺寸，非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸也可参照采用。GB/1804-1992 规定的极限偏差适用于非配合尺寸。

(2) 公差等级与数值

有四个等级：f（精密级），m（中等级），c（粗糙级），v（最粗级）。

七、温度条件

1、基准温度 20℃。

2、要求：

(1) 测量检验的结果都应以工件和测量器具的温度在 20℃时为准。

(2) 对一般尺寸精度不高的零件的测量检验，可不考虑温度的影响。

小结：

掌握标准公差的制订原则，理解轴的基本偏差的制定和孔的基本偏差换算规则。理解一般、常用和优先使用的公差带与配合的标准化。新国标规定一般、常用和优先使用的公差带与配合意义，为选择公差带与配合作必要的准备。

§ 2-3 公差带与配合的选用

课时：2 课时

教学目的和要求：

- 一、配合制的选择
- 二、公差等级的选用
- 三、配合种类的选择
- 四、配合精度设计实例

教学重点及难点：

了解标准公差系列、基本偏差系列及新标准，学会查表并计算极限偏差值。

教学方法及手段：讲授、查表

教学内容：

公差带与配合的选择就是配合制、公差等级和配合种类的选择。

一、配合制的选用

1、一般情况下，应优先选用基孔制。

(1) 目的：可大大减少定尺寸刀具和量具的品种规格，有利于刀具和量具的生产及储备，从而降低生产成本。

(2) 只有在具有明显的经济效果的情况下，才采用基轴制。如用冷拔钢作轴，不必对轴加工，或在同一基本尺寸的周上装配几个不同配合的零件（图 1-26）。

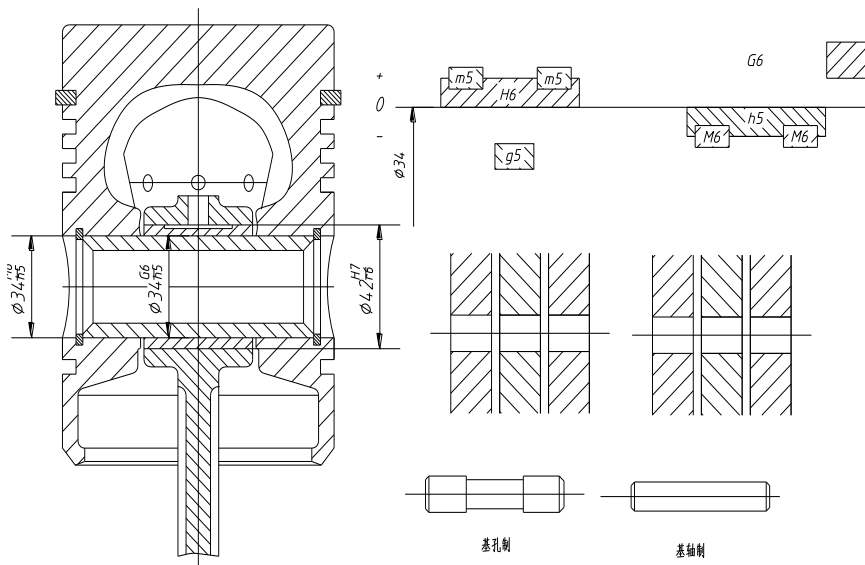


图 1-26 混合配合应用示例

2、与标准件配合时，配合制的选择通常依标准件而定。

例如：滚动轴承内圈与轴的配合采用基孔制，而滚动轴承外圈与孔的配合采用基轴制。

3、为了满足配合的特殊要求，允许采用混合配合。

即：在一般情况下优先采用基孔制，其次采用基轴制，如有特殊需要，允许采用混合配合（图 1-27）。

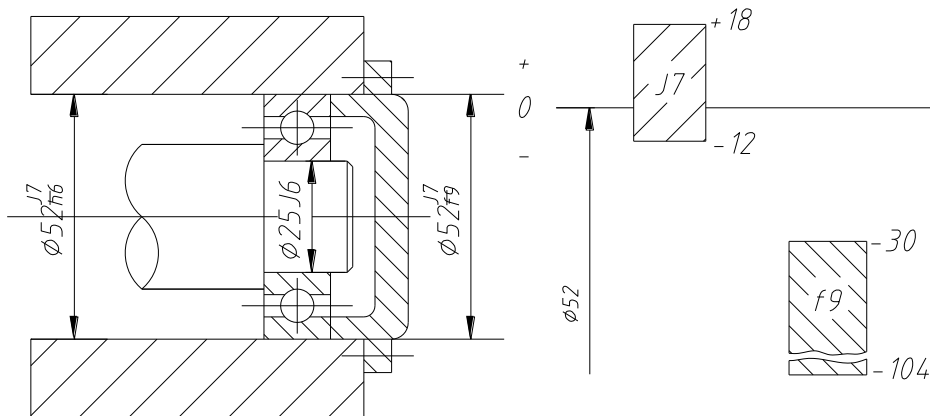


图 1-27 混合配合应用示例

二、公差等级的选用

1、选用公差等级的原则是：以满足使用要求的前提下，尽可能选用较低的公差等级，以便很好地解决机器零件的使用要求与制造工艺及成本之间的矛盾。

2、表 1-12 公差等级的主要应用实例。

IT3~IT5（孔为 IT6）：配合公差很小，对加工要求很高，应用较少。

IT6（孔为 IT7）：配合公差较小，一般精密加工能够实现，在精密机械中应用广泛。

3、表 1-13 各种加工方法与公差等级的关系（要求学生熟记）。

三、配合的选用

1、方法：算法、类比法和试验法。

2、选用步骤

(1) 首先根据使用要求，确定配合的类别，即确定是间隙，过盈，还是过渡配合。

(2) 确定类别后，再进一步类比确定选用哪一种配合。

(3) 工作条件是选择配合的重要依据，当待选部位与典型实例在工件上有所不同时，应对配合的松紧作适当的调整，最后确定选用哪种配合。

小结：

掌握基准制的选用、公差等级的选用和配合的选用的原则、方法。

熟练掌握基孔制与基轴制的选用、公差等级的选用及配合选用的方法。当给定配合的间隙或过盈范围，要求能熟练地确定孔、轴公差带与配合代号。

第3章 测量技术基础（6学时）

教学目的和要求：

让学生了解常用量具的结构和原理，初步掌握其使用方法，能对一般机械零件进行测量，并判断其合格性。测量方法的分类和计量器具的主要度量指标。

思政元素融入：培养其严谨的科学态度和工作作风。

§ 3-1 技术测量的基本知识

课时：2课时

教学目的：

了解常用测量技术的基本概念。

教学重点及难点：

测量器具的分类。

教学方法及手段：讲授

教学内容：

技术测量的一般概念

测量——将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较，从而确定被测几何量是计量单位的倍数或分数的过程。

检验——指只确定被测几何量是否在规定的极限范围之内，从而判断被测对象是否合格，而无须行出具体的数值。

一、计量单位

主要指几何量，包括长度、角度、表面粗糙度、几何开头和相互位置等。

1m 是光在真空中（ $1/299792458$ ）S 的时间间隔内所经路径的长度。按此定义确定的基准称为自然基准。

测量方法

是指测量时所采用的计量器具和测量条件的综合。

测量精度

测量精度是指测量结果与真值的一致程度。

二、计量器具的分类

计量器具按结构特点可以分为以下四类：

1、量具

量具是以固定形式复现量值的计量器具，一般结构比较简单，没有传动放大系统。

可分为单值量具和多值量具两种。

2、量规

量规是指没有刻度的专用计量器量，用于检验零件要素的实际尺寸及形状，位置的实际情况所形成的综合结果是否在规定的范围内，从而判断零件被测的几何量是否合格。

3、量仪

量仪是能将被测几何量的量值转换成可直观观察的指示值或等效信息的计量器量。

4、计量装置

是指为确定被测几何量值所必需的计量器具和辅助设备的总体。

三、测量方法的分类

1、根据所测的几何量否为要求被测的几何量，分为：

- (1) 直接测量
- (2) 间接测量

2、根据被测量值获得的方法分：

- (1) 绝对测量
- (2) 相对测量

3、根据工件上同时测量的几何量的多少分：

- (1) 单项测量
- (2) 综合测量

四、计量器具的基本计量参数

1、刻度间距

是指标尺或刻度盘上两相邻刻线中心的距离

2、分度值：

又称刻度值，是指标尺或刻度盘上每一刻度间距所代表的量值。

3、示值范围：

是指计量器具标尺或刻所指示的起始值到终止值的范围。

4、测量范围

5、示值误差

6、校正值

五、测量误差

测量误差产生的原因

- | | |
|-----------|---------|
| 1) 计量器具误差 | 2) 方法误差 |
| 3) 环境误差 | 4) 人员误差 |

小结：

本次课程内容特点是讲述测量技术基础。了解常用测量技术的基本概念。

§ 3—2 测量长度尺寸的常用计量器具

课时：2 课时

教学目的：

1. 游标卡尺的读数原理及使用
2. 千分尺的读数原理及使用
3. 量块的使用方法

教学重点及难点：

各测量器具的读数方法

教学方法及手段：讲授、实操

教学内容：

一、通用量具

1、游标量具

1、游标卡尺的结构和用途

- ① 三用游标卡尺：由尺身、游标、深度尺、刀口内测量爪、外测量爪等组成；
- ② 双面游标卡尺：由尺身、游标、深度尺、刀口内测量爪、外测量爪、微动装置等组成；
- ③ 单面卡尺：由尺身、游标、深度尺、刀口内测量爪、微动装置等组成。

适用范围：测量外径、孔距、壁厚、沟槽及深度等。

2、游标卡尺的刻线原理和读法

1、分类

按测量精度分 $1/20\text{mm}$ (0.05mm) 和 $1/50\text{mm}$ (0.02mm) 两种,其中 $1/50$ 应用广泛。

2、刻线原理

- (1) $1/20\text{mm}$ (0.05mm) 游标卡尺

尺身上每小格是 1mm,当两量爪合并时,游标上的 20 格刚好与尺身上的 19mm 对正,主副尺格差为 $1-19/20=0.05\text{mm}$,所以其测量精度为 0.05mm。

(2)1/50mm (0.02mm) 游标卡尺

尺身上每小格是 1mm,当两量爪合并时,游标上的 50 格刚好与尺身上的 49mm 对正,主副格差为 $1-49/50=0.02\text{mm}$,所以其测量精度为 0.02mm。

3、读法

- (1)读出副尺上零线左面主尺的毫米整数;
- (2)读出副尺上与主尺刻对齐的那条刻线的数值;
- (3)把两个数值相加即为测得尺寸。

4、使用游标卡尺的注意事项

测量前要将卡尺的测量面用软布擦干净;

卡尺的两个两爪合拢,应密不透光;量爪合拢后,游标零线应与尺身零线对齐。

游标在尺身上滑动要灵活自如,不能过松或过紧,不能晃动,以免产生测量误差。

测量时,应使量爪轻触零件,量爪位置要摆正,不能歪斜。

5、游标卡尺的维护保养

不能把卡尺当工具使用,以免磨损卡尺,影响测量精度。

带深度尺的游标卡尺,用完后应将量爪合拢,避免深度尺变形,甚至折断。

测量结束时,要把卡尺平放,以免尺身弯曲变形。

卡尺使用完后,擦净并上油,放置在专用盒内,防止弄脏或生锈。

不可用纱布或普通磨料擦除刻度尺表面及量爪测量面的锈迹和污物。

卡尺受损后,应交专门修理部门修理。

2、测微螺旋量具

种类: 外径千分尺, 内径千分尺, 深千分尺及专用原螺纹千分尺。

1、外径千分尺

(1) 外径千分尺的结构

由尺架, 测微装置, 测力置和锁紧置装等组成。

(2) 外径千分尺的读数原理和读数方法。

(1) 原理: 测微螺杆的螺距为 0.5mm, 微分筒的外圆周上刻有 50 等分的刻度。当微分筒 转一周时, 螺杆轴向移动 $0.5\text{mm}/50=0.01\text{mm}$, 因而 0.01mm 就是千分尺的分度值。

(2) 读法

a: 从微分筒 的边缘向左看固定套筒 上距微分筒边缘最近的刻线, 从固定套管中线上侧的刻度读出整数或半毫米数。

b: 再从微分筒上找到与固定套管中线对齐的刻线, 将此刻线数乘以 0.01mm 就是小于 0.5mm 的小部部分的读数。

c: 把两部分值相加。

(3) 外径千分尺的使用方法

(1) 测量前, 检查测量面间是否密合

(2) 测量时先用手转动千分尺的微分筒, 待测微螺杆的测量面接近工件被测表面时, 再转动测力装置上的棘轮, 使测微螺杆的测量面接工件表面, 听到 2~3 声“咔咔”声后即停止读数。

(3) 使用时, 千分尺的测微螺杆的轴线应垂直零件被表面。

(4) 外径千分尺的特点

千分尺的制造精度主要由它的示值误差和测量面的平行度误差决定。制造精度可分为 0 级和 1 级两种, 0 级精度较高。

2、其它类型千分尺简介

(1)内径千分尺

(2)深度千分尺

- (3)螺纹千分尺
- (4)公法线千分尺

二、量块

1、量块的形状、用途及尺寸系列

研合性:

所谓研合性,是指量块的一个测量面与另一量块的测量面或另一经精密加工的类似的平面,通过分子吸力作用而粘合的性能。利用这一特性,把量块研合在一起,便可以组成所需要的各种尺寸。

2、量块的尺寸组合及使用方法

成组量块尺寸表:在使用组合量块时,为了减小量块组合的累积误差,应尽量减少使用的块数,一般不超过4~5块。为了迅速选择量块,应根据所需尺寸的最后一位数字选择量块,每选一块至少减少所需尺寸的一位小数。

例:从83块一套的量块中选取尺寸为38.935mm量块组,其选取方法为:

- 38.935
-) 1.005 第一块量块尺寸为1.005mm
- 37.93
-) 1.43 第二块量块尺寸为1.43mm
- 36.5
-) 6.5 第三块量块尺寸为6.5mm

- 30 第四块量块尺寸为30mm

小结:

本节介绍了技术测量的基本概念、方法和计量器具的结构、原理主要度量指标及使用方法。

实验:项目1 游标卡尺的使用

项目2 螺旋测微量具的使用

项目3 测量角度

项目4 量块的使用与选择

§ 3—3 光滑极限量规

课时: 2 课时

教学目的:

角度测量器具的万能角度尺,学会使用方法及读数方法,还有工作原理

教学重点及难点:

各测量器具的读数方法及工作原理

教学内容:

一、极限尺寸判断原则

单一要素的孔和轴遵守包容要求时,要求其被测要素的实体处处不超过最大实体边界,而实际要素局部实际尺寸不得超过最小实体尺寸。

二、光滑极限量规的检验原则

依照极限尺寸判断原则设计的量规,称为光滑极限量规(简称量规)。检验孔用的量规称为塞规,检验轴用的量规叫环规或卡规。量规由通规(通端)和止规(止端)所组成。通规和止规是成对使用的。检验时,通规通过被检轴、孔则表示工件的作用尺寸没有超出最大实体边界。而止规不通过,则说明该工件实际尺寸也正好没有超越最小实体尺寸。故零件合格。

三、滑极限量规的分类

按用途分:工作量规、验收量规、校对量规

1 工作量规——工人在加工中用它来测工件的。通端:T 止端:Z

2 验收量规——检验部门或用户来验收零件的。

3 校对量规——用来校对轴用量规，以发现卡规是否已磨损或变形。

TT→校通—通量规（通过被测卡规的通端）防止尺寸过小

TS→校通—损量规（不通过被测卡规的通端）防止尺寸过大

ZT→校止—通量规（通过被测卡规的通端）防止尺寸过小

对于孔量规的校对一般用通用量仪来校对。

四、工作量规的设计

1、工作量规的公差带

1) 作量规基本尺寸的确定：各种量规是以被测工件的极限尺寸作为基本尺寸。

$T=MMS : d_{max}D$

$Z=LMS : d_{min}D$

2) 作量规的公差带

① 制造公差——控制量规制造时产生的误差。

② 磨损公差——规定有一个合理的寿命。

通端：制造、磨损 止端：制造

国标规定两种方案：量规公差带以不超出工件极限尺寸为原则分布在尺寸公差带之内。

通规的制造公差带对称于 Z 值。

Z——制造公差带中心至被测工件 MMS 之间的距离，其允许磨损量以工件的 MMS 为极限。

止规的制造公差带是以工件的 LMS 算起。

量规公差带中：大小要素——T；位置要素——Z。其值见 P93 表 4-15

2、验收量规的公差带

没有列出单独的公差带规定：检验部门应该使用磨损较多的通规；用户使用通规接近 MMS，以及接近 LMS 的止规。

3、校对量规的公差带

TT——从通规的下偏差计算起，向通规公差带内分布。

TS——从磨损极限算起向轴用公差带内分布

ZT——从止规的下偏差算起，向止规内分布。

$T_p=1/2 \times T$ 。校对量规的公差等于工作量规的一半。

4、量规极限偏差的计算

一般步骤如下：

① 定量规的基本尺寸

② 查出工件的基本偏差与标准公差

③ 定量规的公差带大小 T 和位置 Z

④ 计算各种量规的上、下偏差

⑤ 最后画出公差带图

五、量规的主要技术要求

1 外观要求

2 材料要求

3 量规工作部位的形位公差要求

4 量规工作表面的粗糙度要求（见表 6-4）

5 其他要求

六、量规的结构

标准量规结构在 GB6322-86 光滑极限量规型式和尺寸中已作规定。

小结：

本节介绍了检验用的量具。塞规和卡规并且在实际检验中的应用。

实验：项目 1 游标卡尺的使用

项目 2 螺旋测微量具的使用

项目 3 测量角度

项目 4 量块的使用与选择

第4章 几何公差及其检测（14学时）

教学目的和要求：

1.理解图样上标注的形位公差的含义。

2.掌握形位公差代号及标注方法和检测方法。被测要素的标注方法；基准要素的标注方法；形位公差标注中的有关问题；形位公差值及有关规定。

思政元素融入：培养增强质量意识和工程伦理意识。

§ 4-1 概述

课时：2课时

教学目的和要求：

1、形位公差的研究对象；形位公差的特征项目、符号。

2、理解形位公差的特征项目的符号。

3、掌握形位公差的基本概念、理解形状公差带各项目的定义及解释。

教学重点及难点：

零件要素概念、形状公差各项目的定义及解释

教学方法及手段：讲授、举例分析

教学内容：

一、零件的几何要素

定义：构成零件几何体的点、线、面称为几何要素。如图 3-1 所示。

形位公差研究的对象就是零件几何要素本身的形状精度和相关要素之间相互的位置精度问题。

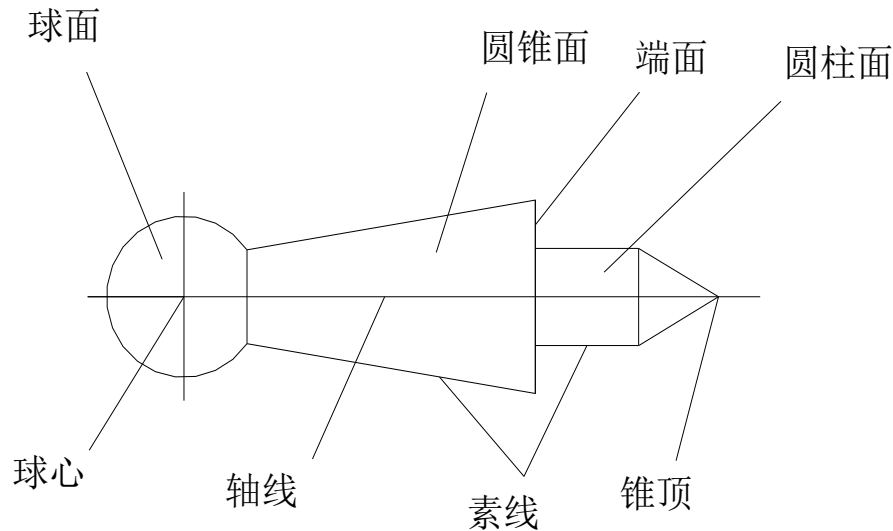


图 3-1 零件的要素

零件的几何要素可按以下几种方式进行分类。

1、按存在的状态分

(1)理想要素

具有几何学意义的要素称为理想要素。

理想要素是没有任何误差的要素，图样是用来表达设计意图和加工要求的，因而图样上构成的点、线、面都是理想要素。

(2)实际要素

零件上实际存在的要素称为实际要素。

实际要素是由加工形成的，在加工中由于各种原因会产生加工误差，所以实际要素是具有几何

差的要素。

由于存在测量误差，实际要素并非该要素的真实状况。

2、按在形位公差中所处的地位分

(1)被测要素

①给出了形状或（和）位置公差的要素称为被测要素。

例图 3-2 中的圆柱面和台阶面，圆柱的轴线等。

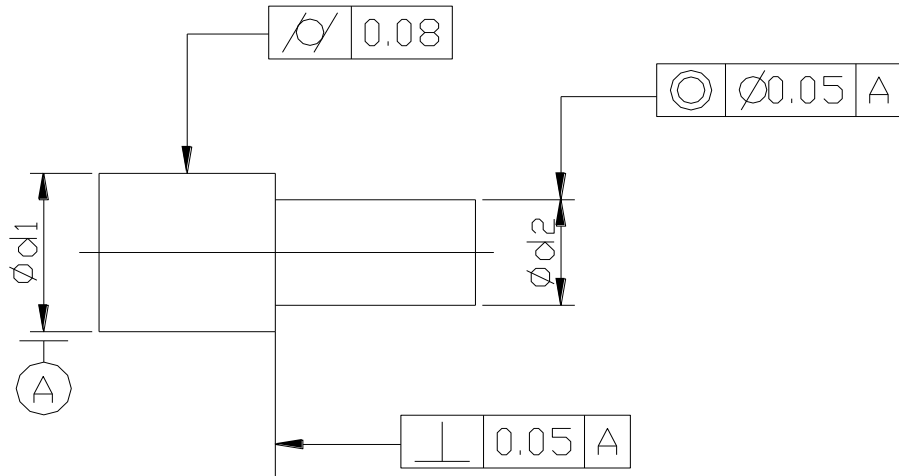


图 3-2 零件几何要素示例

②被测要素按功能关系可分为单一要素和关联要素两种。

1) 单一要素：

在图样上公对其本身给出了形状公差要求的要素称为单一要素，与零件上的其它要素无功能关系。如：图 3-4 中圆柱面。

2) 关联要素：

与零件上其它要素有功能关系的要素称为关联要素。

如：3-2 中的轴线，的台阶面。

(2)基准要素：

用来确定被测要素方向或（和）位置的要素称为基准要素。

可分为单一基准要素和组合基准要素。

①单一基准要素：是指作为单一基准使用的一组要素。

②组合基准要素：是指作为单一基准使用的一组要素，即用多个要素作为一个基准。如用两个圆柱的轴线组合成一条公共轴线作为一个基准等。

3、按几何特征分

(1)轮廓要素：

构成零件外形能直接为人们所感觉到的点，线，面称为轮廓要素。

当被测要素或基准要素为轮廓要素时，形位公差代号的指引线箭头或基准符号的连线应指在示相应轮廓要素的线上或该线的延长线上，并明显地与尺寸线错开。

(2)中心要素：

表示轮廓要素的对称中心的点，线，面称为中心要素。

当被测要素和基准要素为中心要素时，形位公差代号的指引线箭头或基准符号的连线应与该素轮廓的尺寸线对齐。

二、形位公差的项目及符号

①形状公差

1) 直线度：限制实际直线的形状误差（即直线度误差）。

2) 平面度：限制实际平面的形状误差（即平面度误差）。

3) 圆 度：限制实际圆的形状误差（即圆度误差）。

4) 圆柱度：限制实际圆柱面的形状误差（即圆柱度误差）。

②形状或位置公差

包括线轮廓度和面轮廓度。

③位置公差

包括定向、定位、跳动三种。

(1) 定位公差

- 1) 平行度：限制 A 对 B 的平行度误差。
- 2) 垂直度：限制 A 对 B 的垂直度误差。
- 3) 倾斜度：限制 A 对 B 的倾斜度误差。

(2) 定向公差

- 1) 同轴度：限制 A 对 B 的同轴度误差。
- 2) 对称度：限制 A 对 B 的对称度误差。
- 3) 位置度：限制 A 对 B 的位置度误差。

(3) 跳动公差

- 1) 圆跳动：限制 A 对 B 的圆跳动误差，分为径向、端面、斜向圆跳动三种。
- 2) 全跳动：限制 A 对 B 的全跳动误差，分为径向、端面全跳动两种。

三、形位公差带形状及其应用范围。

1) 公差带形状

①两平行直线

适用于直线；应用于直线度，平行度，垂直度，倾斜度，对称度，位置度等公差特征项目。

②两同心圆

适用于球面，圆锥面，圆柱面，圆；应用于圆度，径向圆跳动两项公差特征项目。

③一个圆柱

适用于直线；应用于直线度，平行度，垂直度，倾斜度，同轴度，位置度六项公差特征项目。

④两同轴圆柱

适用于平面，直线；应用于圆柱度和径向全跳动两项公差特征项目。

⑤两平行平面

适用于平面，直线；用于直线度，平面度，垂直度，倾斜度，对称度，位置度，端面全跳动八项公差特征项目。

⑥一个圆

适用于点（平面点）；应用于同轴度，位置度两项公差特征项

⑦一个球

适用于点（空间点）；应用于位置度一项公差特征项目。

2) 公差带的大小

公差带的大小用以体现形位精度要素的高低，是由图样上给出的形位公差值确定的，一般指形位公差带的宽度或直径。

四、形位公差的等级与公差值

形位公差值的表示方法：①用形位公差代号标注

②用未注公差来控制

1、图样上注出公差值的规定

GB/T1184-1996 对图样上的注出公差规定 12 个等级，由 1 级起精度依次降低，6 级与 7 级为本级。圆度和圆柱度还增加了精度更高的 0 级。

公差值选择的总的原则是：在满足零件功能要求的前提下选择最经济的公差值。

2、形位公差的未注公差值的规定

①标准规定：未注公差值符合工厂的常用精度等级，不需在图样上注出。

②GN/T1184-1996 对直线度，平面度、垂直度，对称度和圆跳动的未注公差进行了规定，规定上述五项形位未注公差分为 H, K, L 三个公差等级，其中 H 为高级，K 为中间级，L 为低级。

标准还规定：除以上各项目的未注公差外，其它项目如线，倾斜度，位置度和全跳动均应由个要素的注出或未注形位公差、线性尺寸公差或角度公差控制。

小结:

1. 明确有关几何要素的几个术语（理想要素和实际要素、单一要素与关联要素）。
2. 掌握形位公差项目的符号及其标注的方法。

§ 4-2 形位公差的标注

课时: 2 课时

教学目的和要求:

- 1、形位公差的研究对象; 形位公差的特征项目、符号。
- 2、理解形位公差特征项目的符号。
- 3、掌握形位公差的基本概念、理解形状公差带各项目的定义及解释。

教学重点及难点:

零件要素概念、形状公差各项目的定义及解释

教学方法及手段: 讲授、举例分析

教学内容:

一、形位公差的代号和基准符号

1、形位公差的代号

由形位公差特征项目的符号, 形位公差框格和指引线, 形位公差值, 表示基准的字母和其它有关号组成。最基本的代号如图 3-1 所示。

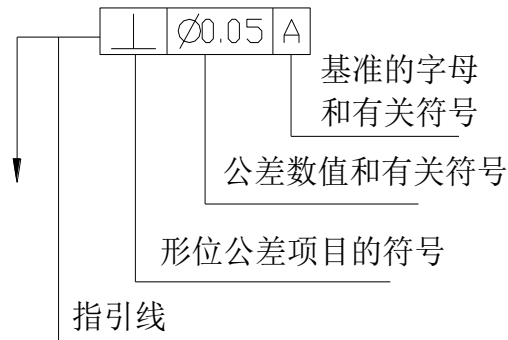


图 3-1 形位公差代号

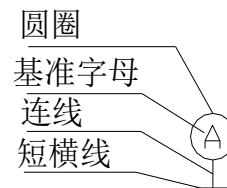


图 3-2 基准符号

强调:

①公差框格分成两格或多格(一般形状公差两格, 位置公差 3~5 格), 框格内从左到右填写如下内容: 第一格——公差项目符号, 第二格——公差值和有关符号; 第三格和以后各格——基准代号的字母和有关符号。

②公差框格应水平或垂直地绘制。

2、基准符号

①对有位置公差要求的零件, 在图样上必须标明基准。如图 3-2 所示。

②组成: 基准符号由粗的短横线, 圆圈, 连线和基准字母组成。

强调:

①无论基准符号在图样中的方向如何, 圆圈内的字母都应水平书平。

②为了避免误解, 基准字母不得采用 E、I、J、M、O、P、L、R、F。当字母不够时可加脚注, 如 A1, A2...B1, B2...

二、被测要素的标注方法

1、当被测要素为轮廓线或为有积聚性投影的表面时, 将箭头置于要素的轮廓或轮廓线的延长线并与尺寸线明显地错开。如图 3-55 和图 3-56 所示。

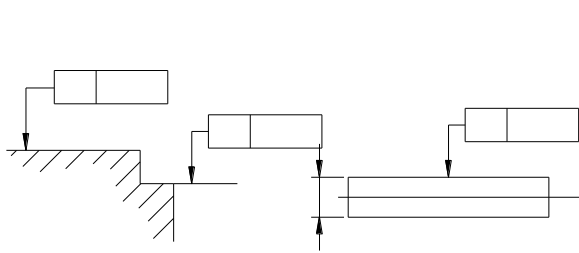


图 3-55 被测要素为轮廓线时的标注

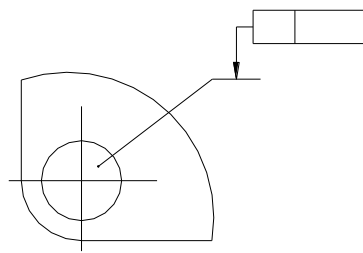


图 3-56 被测要素的投影为面时的标注

2、当被测要素为轴线，中心平面或由带尺寸的要素确定的点时，则指引线的箭头应与确定中心要素的轮廓的尺寸线对齐。

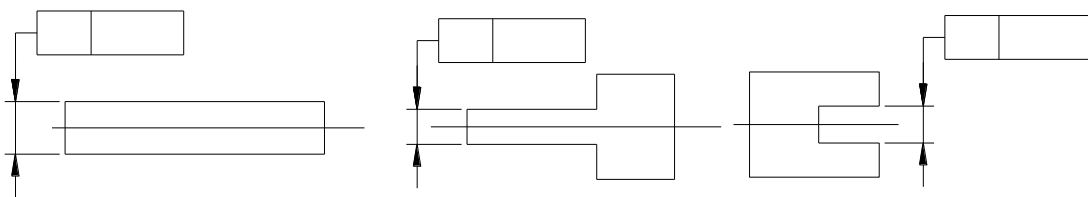


图 3-59 被测要素为中心要素时的标注

三、基准要素的标注方法

1、当基准要素为轮廓线或有积聚性投影的表面时，将基准符号置于轮廓线上或轮廓线的延长线上，并使基准符号中的连线与尺寸线明显地错开。如图 3-57 和图 3-58 所示。

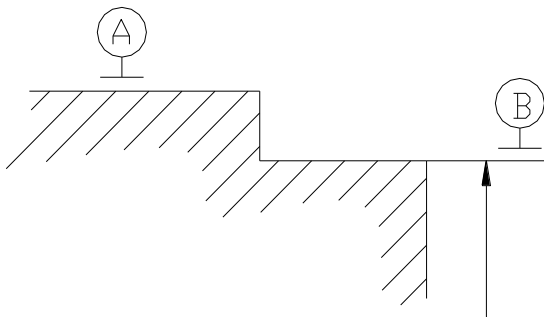


图 3-57 基准要素为轮廓线时的标注

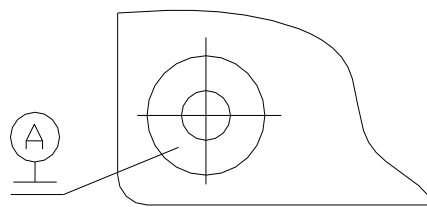


图 3-58 基准要素的投影为面时的标注

2、当基准要素是轴线，中心平面或由带尺寸的要素确定的点时，则基准符号中的连线应与确定中心要素的轮廓的尺寸线对齐。

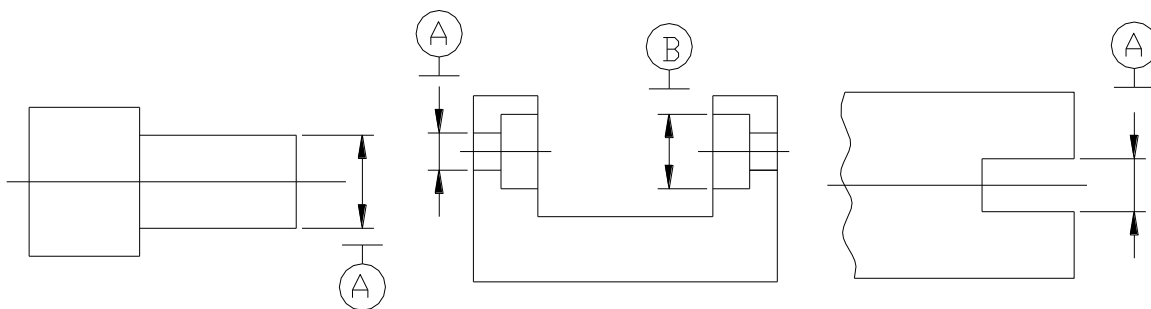


图 3-60 基准要素为中心要素时的标注

2. 基准要素为公共轴线时的标注
标注方法如图 3-61 所示。

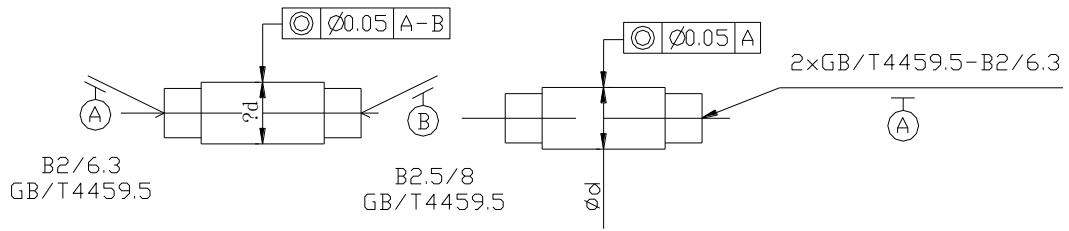


图 3-61 基准要素为公共轴线时的标注

四、形位公差的其他标注规定

1. 限定被测要素或基准要素的范围

如公对要素的某一部分给定形位公差要求，或以要素的某一部分作基准时，则应用粗点画线表示其范围并加注尺寸。如图 3-62 所示。

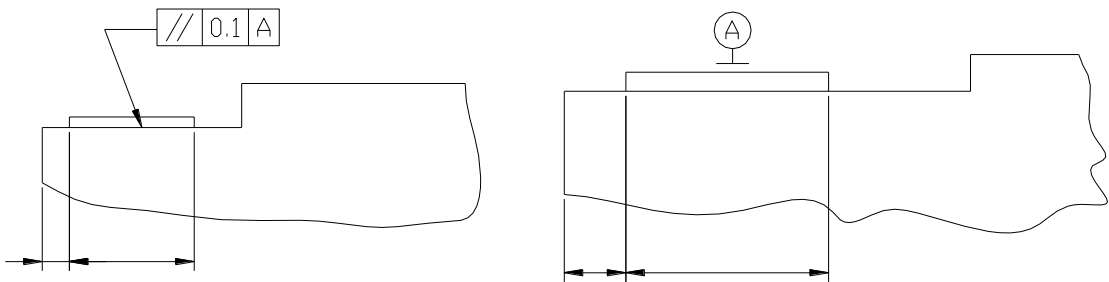


图 3-62 限定被测要素或基准要素的范围

2. 对公差数值有附加说明时的标注

如对公差数值在一定的范围内有附加的要求时，可在公差值后加于标注。

图 3-63：在任一 100mm×100mm 的正方形表面上，平面度公差为 0.05mm。

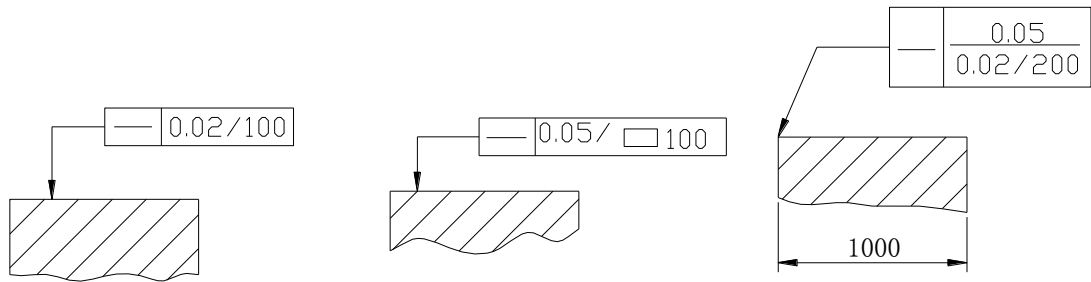


图 3-63 公差值有附加说明时的标注

3. 同一被测要素有多项形位公差要求时的标注

如对同一要素有一个以上的公差特征项目要求且测量方向相同时，为方便起见可将一个公差框格在另一个框格下面，用同一指引线指向被测要素，如图 3-64b 所示。

如测量方向不完全相同，则应将测量方向不同的项目分开标注。如图 3-64a 所示。

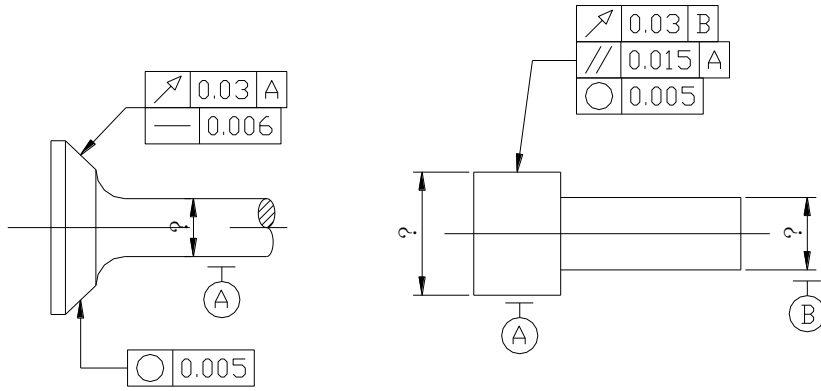


图 3-64 同一被测要素有多项公差要求的标注

4、不同的被测要素有相同的形位公差要求时，可以在从框格引出的指引线绘制出多个指示箭头，分别指向各被测要素。如图 3-65 所示。

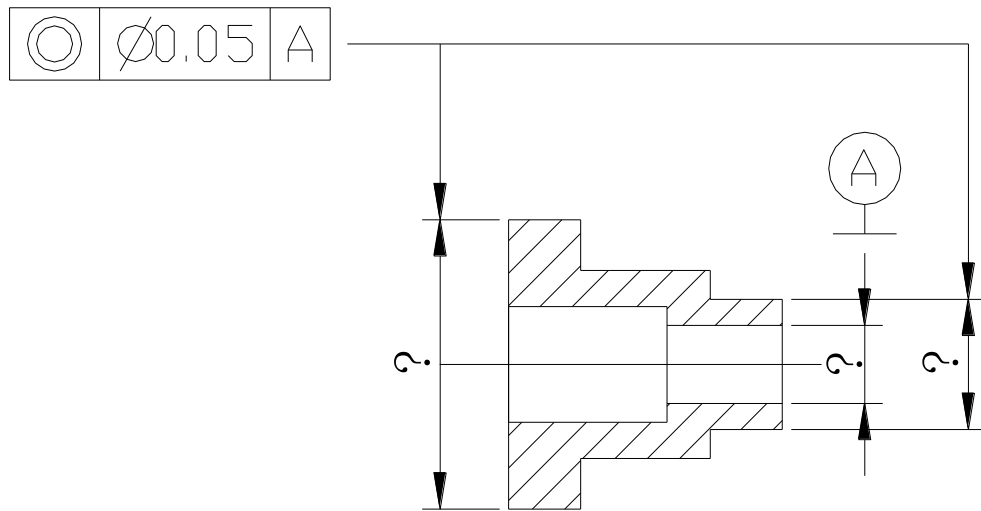


图 3-65 不同被测要素有相同形位公差要求的标注

小结：

1. 明确有关几何要素的几个术语（理想要素和实际要素、单一要素与关联要素）。
2. 掌握形位公差项目的符号及其标注的方法。

§ 4-3 形位公差的项目的应用和解读

课时：6 课时

教学目的和要求：

使学生可独立进行形位公差标注及形位公差标注的识读

教学重点及难点：

形位公差标注的基本原则及方法

教学方法及手段：讲授、举例分析

教学内容：

一、形状公差

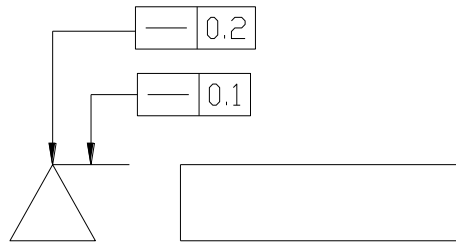


图 3-11 给定两个方向的直线度公差示例

图 3-11 的含义:

①三棱尺的棱线在铅垂和水平方向的直线度公差为 $0.2 \times 0.1\text{mm}$ 。

②三棱尺的棱线必须位于距离为 0.2mm 的铅垂方向的两平行平面之间, 同时还必须位于距离为 0.1mm 的水平方向的两平行平面之间。

(3)任意方向上的直线度 (图 3-13)

公差带形状: 一个圆柱

标注时必须在公差值 t 前加注表示直径的符号“ ϕ ”, 即以“ ϕ ”表示。

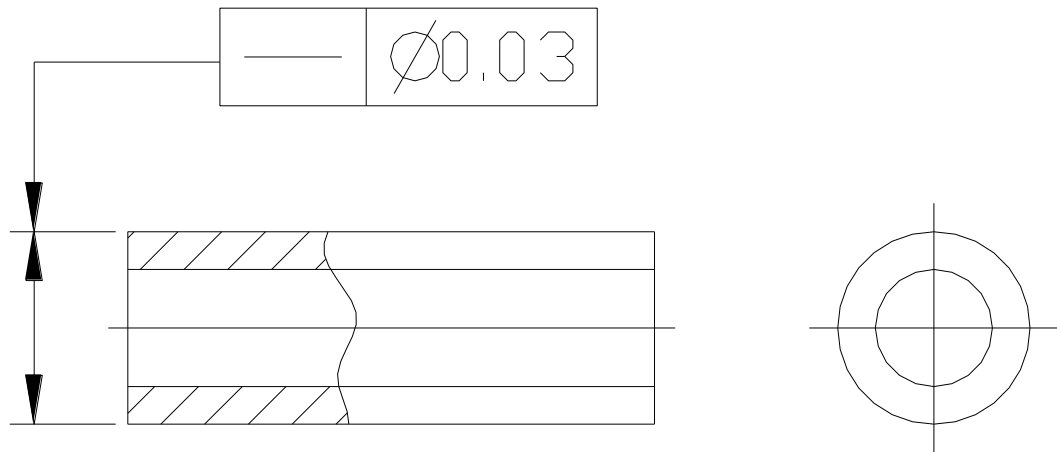


图 3-13 任意方向上的直线度公差示例

含义: ①圆柱的轴线的直线度公差为 0.03mm 。

②圆柱的轴线必须位于直径为 0.03mm 的圆柱面内。

2、平面度公差 (图 3-14)

平面度是限制实际表面对其理想平面变动量的一项指标, 用于对实际平面的形状精度提出要求。

公差带形状: 两平行平面

含义: ①零件上表面的平面度公差为 0.08mm 。

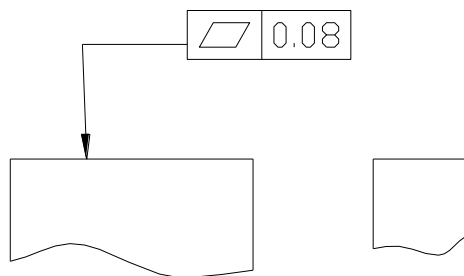


图 3-14 平面度公差带示例

②零件上表面必须位于距离为 0.08mm 的两平行平面之间。

② $\frac{\times\times\times}{\text{被测要素}}$ 对基准 $\frac{\times\times}{\text{公差值}}$ (或 \times — \times 或 \times, \times, \times) 的 $\frac{\times\times\times}{\text{基准要素}}$ 公差项目差为 $\times\times$ 毫米。

(1) 平行度公差

平行度是限制被测实际要素对基准在水平方向上变动量的一项指标。

1) 线对线平行度公差

读法：① 轴线对轴线的平行度公差为 0.1mm。

线必须位于公差值为 0.1mm，且平行于轴线的两平行平面之间。（图 3-21）

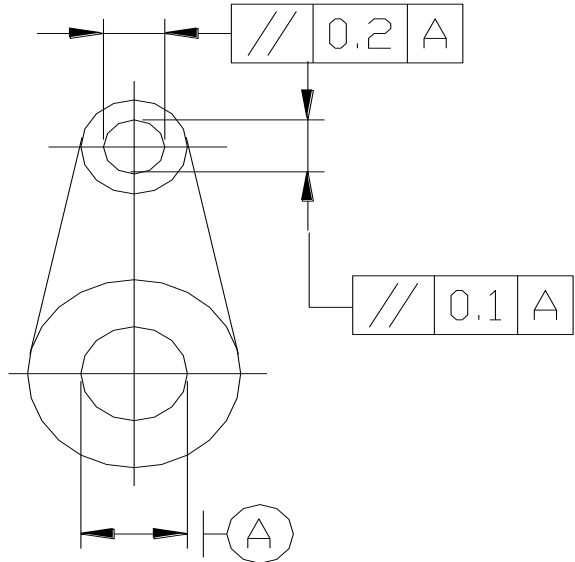
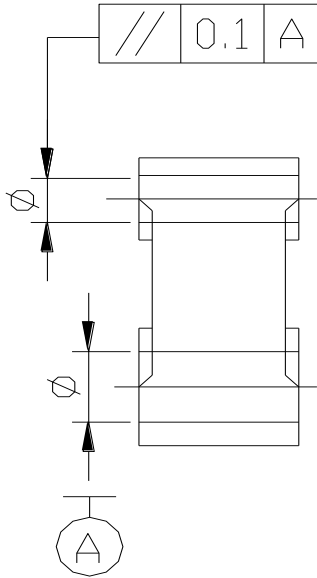


图 3-21 给定方向上线对线平行度

图 3-22 给定相互垂直两个方向上线对线平行度

图 3-22：① 上端小孔的轴线在正截面内对 D 的轴线的平行度公差为 $0.2 \times 0.1\text{mm}$ 。

② 上端小孔的轴线必须位于正截面内公差值为 $0.2 \times 0.1\text{mm}$ ，且平行于 D 的轴线的两对平行平面之间。

2) 线对面平行度公差

① 小孔轴线对零件下表面的平行度公差为 0.1mm。

② 小孔的轴线必须位于公差值为 0.1mm，且平行于下表面的两平行平面之间。

3) 面对线平行度公差（图 3-25）

① 零件上表面对小孔轴线的平行度公差为 0.1mm。

② 零件上表面必须位于公差值为 0.1mm，且平行于小孔轴线的两平行平面之间。

4) 面对面平行度公差（图 3-26）

读法：① 上表面对下表面的平行度公差为 0.1mm

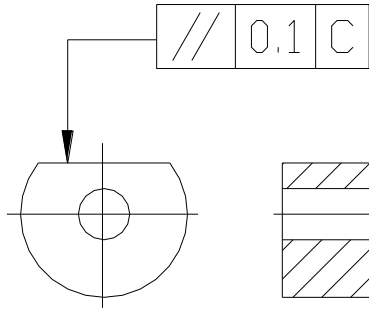


图 3-25 面对线平行度公差示例

②上表面必须位于公差值为 0.1mm，且平行于下表面的两平行平面之间。

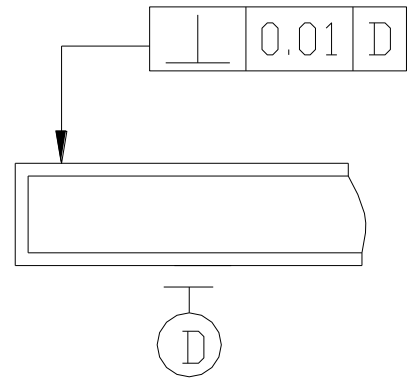


图 3-26 面对面平行度公差示例

5) 任意方向 (图 3-23)

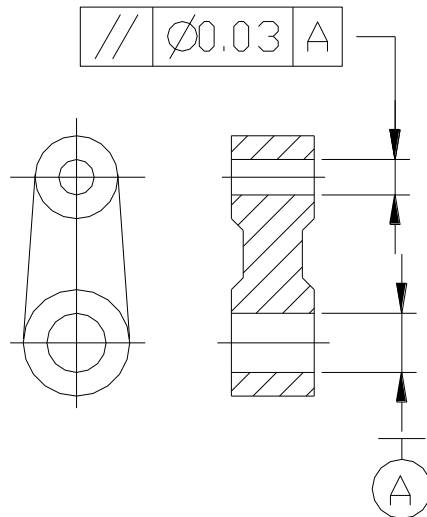


图 23 任意方向上平行度公差示例

读法：①轴线对轴线的平行度公差为 0.03mm。

②轴线必须位于公差值为 0.03mm，且平行于轴线的两平行平面之间。

(2)垂直度公差

垂直度是限制被测实际要素对基准在垂直方向上变动量的一项指标。

1) 线对线垂直度公差 (图 3-27)

①零件上斜孔轴线对水平孔轴线的垂直度公差为 0.06mm。

②零件上斜孔轴线必须位于公差值为 0.06mm，且垂直于水平孔轴线的两平行平面之间。

2) 线对面垂直度公差 (图 3-28)

①圆柱体轴线对下表面的垂直度公差为 0.1mm。

②圆柱体轴线必须位于公差值为 0.1mm，且垂直于下表面的两平行平面之间。

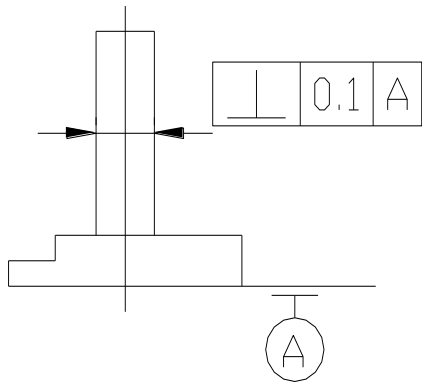


图 3-28 给定方向上线对面垂直度公差

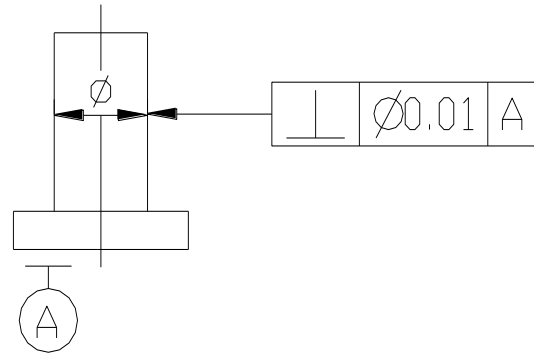


图 3-30 任意方向上线对面垂直度公差

图 3-30 的含义:

- ①轴线对下表面的垂直度公差为 0.01mm。
- ②轴线必须位于公差值为 0.01mm，且垂直于下表面的一个圆柱内。

3) 面对线垂直度公差 (图 3-31)

- ①右侧面对轴线的垂直度公差为 0.08mm。
- ②右侧面必须位于公差值为 0.08mm，且垂直于轴线的两平行平面之间。

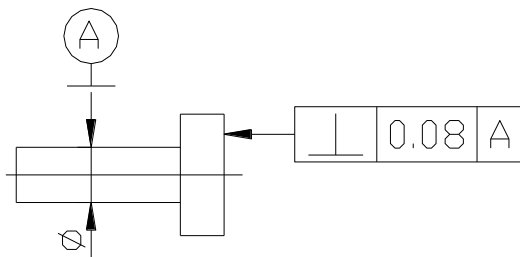


图 3-31 面对线的垂直度公差

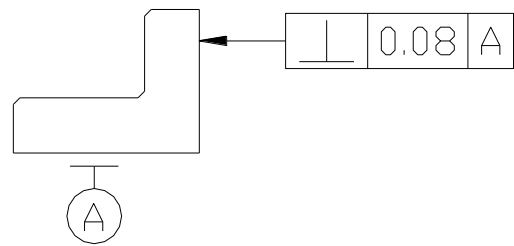


图 3-32 面对面的垂直度公差

4) 面对面垂直度公差 (图 3-32)

- ①右侧面对下表面的垂直度公差为 0.08mm。
- ②右侧面必须位于公差值为 0.08mm，且垂直于下表面的两平行平面之间。

线对面的垂直度公差带有一组平行平面，二组平行平面，和圆柱面三种情况，而线对线，面对线，面对面的公差带均为两平行平面

(3) 倾斜度公差

倾斜度是限制被测实际要素对基准在倾斜方向上变动量的一项指标。

1) 线对线倾斜度公差 (图 3-33)

- ①斜孔轴线对的公共轴线的倾斜度公差为 0.08mm。
- ②斜孔轴线必须位于公差值为 0.08mm，且与 A-B 公共轴线成的两平行平面之间。

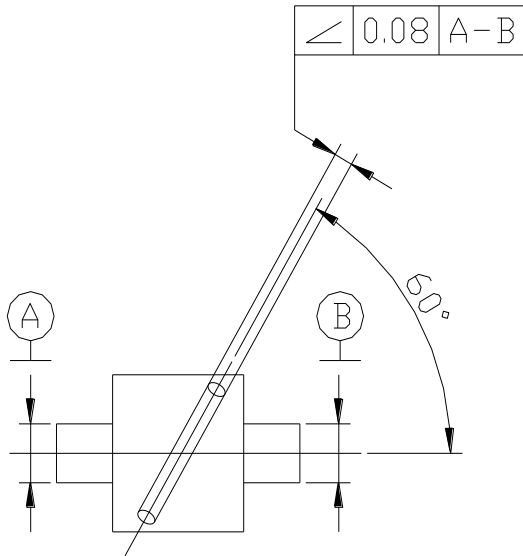


图 3-33 线对线倾斜度公差

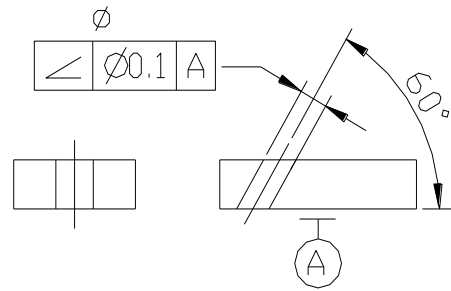


图 3-35 单基准线对面倾斜度公差

2) 线对面倾斜度公差 (图 3-35)

- ①斜孔轴线对下表面的倾斜度公差为 0.08mm。
- ②斜孔轴线必须位于公差值为 0.08mm，且与下表面成的两平等平面之间。

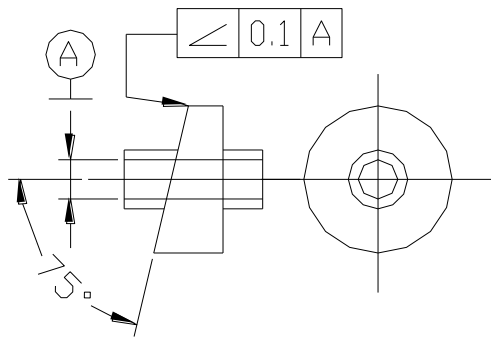


图 3-37 面对线的倾斜度公差

3) 面对线的倾斜度公差 (图 3-37)

- ①倾斜台面对左端轴轴线的倾斜度公差为 0.1mm。
- ②倾斜台面必须位于公差值为 0.1mm，且与左端轴线成的两平行平面之间。

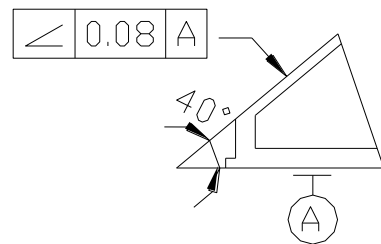


图 3-38 面对面的倾斜度公差

4) 面对面的倾斜度公差 (图 3-38)

- ①倾斜的上表面对下表面的公差值为 0.08mm。
- ②倾斜的上表面必须位于公差值为 0.08mm，且与下表面成的两平行平面之间。

三、位置公差

2、定位公差

定位公差是关联实际要素对基准在位置上允许的变动全量。

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。

三基面体系

为确定被测要素在空间的理想位置所采用的基准一般是由三个相互垂直的基准平面组成，称为三基面体系。如图 3-39 所示。

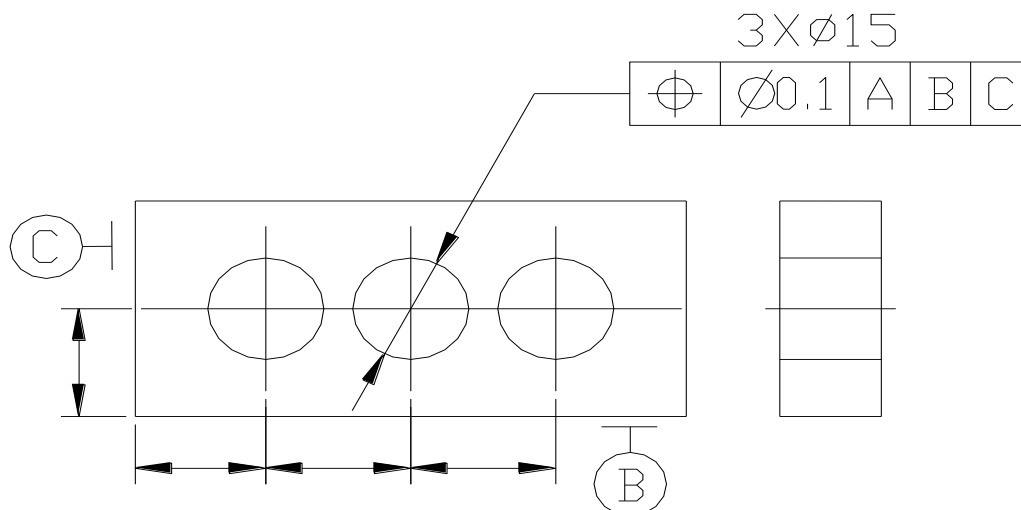


图 3-39 三基准体系应用示例

一般以零件上面积大，定位功能稳定的表面作为第一基准表面，以面积次之的表面作为第二基准表面；以面积最小的表面作为第三基准表面。

(1) 同轴度公差

1) 点的同心度公差

图 3-46 含义：

大圆的圆心必须位于直径为公差值 0.01mm 的圆内，此圆的圆心应与基准圆的圆心重合。

2) 轴线的同轴度公差

图 3-47 含义：

大圆柱面的轴线必须位于直径为公差值 0.08mm 的圆柱面内，此圆柱面的轴线与公共轴线 A-B 重合。

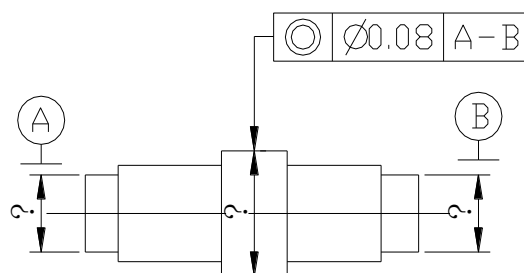


图 3-47 同轴度公差带示例

(2) 对称度公差

图 3-48a 含义：

被测中心平面必须位于距离为公差值 0.08mm 且相对于基准中心平面 A 对称配置的两平行平面之间。

图 3-48b 含义： 被测中心平面必须位于距离为公差值 0.08mm 且相对于公共基准中心平面对称配置的两平行平面之间。

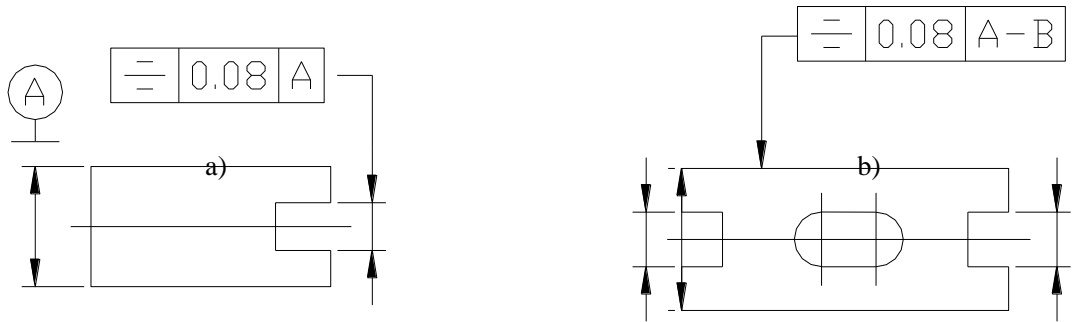


图 3-48 对称度公差带示例

(3) 位置度公差

1) 点的位置度公差

点的位置度公差分平面上点的位置度和空间点的位置度。如图 3-40 所示。

含义：①中心点对下底面和左侧面的位置度公差为 0.3mm。

②中心点必须位于公差值为 0.3mm 的一个圆内，该圆心位于下底面和左侧面的理论正确尺寸所确定的点的理想位置上。

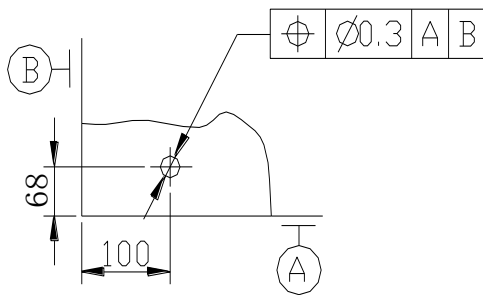


图 3-40 平面上点的位置度公差

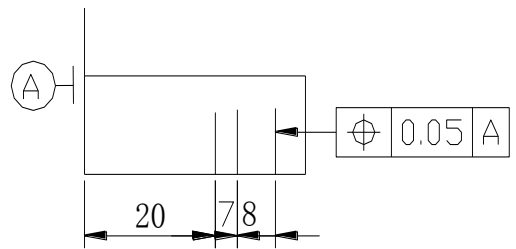


图 3-42 平面上线的位置度公差

2) 线的位置度公差

线的位置度也分平面上线的位置度和空间线的位置度。

图 3-42 含义：每条刻线必须位于距离为公差值 0.05mm 的各组平行线之间，每组平行线均以理想线的位置为中心对称配置，而理想线的位置由相对基准 A 的理论正确尺寸所确定。

图 3-44a 含义：

被测轴线必须位于直径为公差值 0.08mm 的圆柱面内，圆柱的轴线由相对于 A, B, C 基准平面的理论正确尺寸所确定。

3) 平面或中心平面的位置度公差

图 3-45 含义：

被测表面必须位于距离为公差值 0.05mm 的两平行平面之间，两平行平面以被测面的理想平面为中心对称配置，而理想平面与基准轴线 B 成理论正确度 105° ，与基准 A 在轴线方向上的距离为理论正确尺寸 15mm。

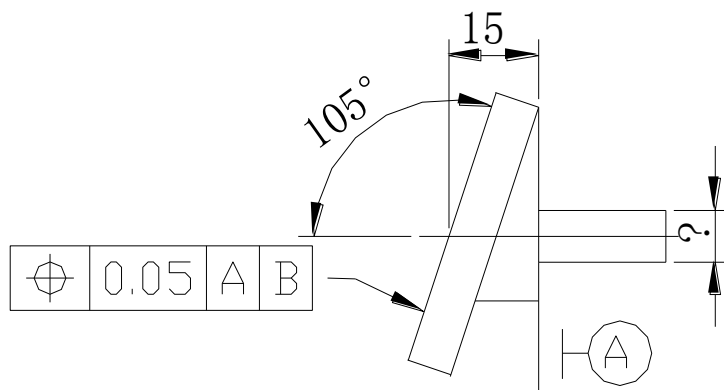


图 3-45 平面的位置度公差

3、圆跳动公差

跳动公差是关联实际要素绕基准轴线旋转一周或若干次旋转时所允许的最大跳动量。

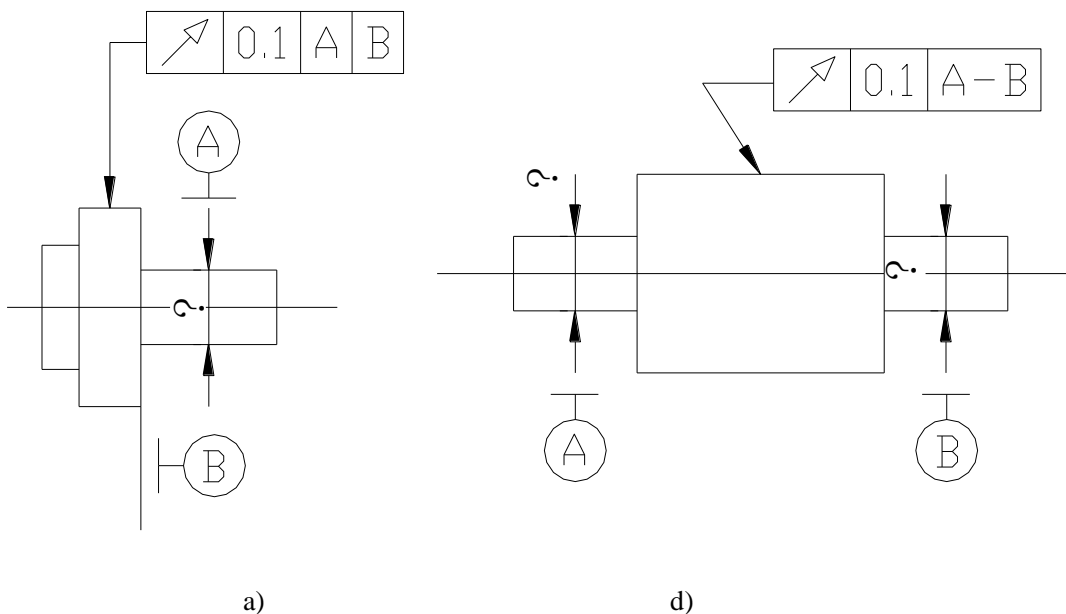
(1)圆跳动公差

圆跳动公差是被测要素在某一固定参考点绕基准轴线旋转一周时，指示器示值所允许的最大变动量。圆跳动公差适用于被测要素任一不同的测量位置。

1) 径向圆跳动公差

图 3-49a 含义：

被测要素绕基准轴线 A 旋转一周并同时受基准面 B 的约束时，在任一测量平面内径向圆跳动量均不得大于 0.1mm。



3-49 径向圆跳动公差带示

图 3-49c 含义：

被测要素绕基准轴线 A 旋转一个给定的部分圆周时，在任一测量平面内的径向圆跳动量均不得大于 0.2mm。

图 3-49d 含义：

被测要素绕公共基准轴线 A-B 旋转一周时，在任一测量平面内的径向圆跳动量不得大于 0.1mm。

2) 端面圆跳动公差

图 3-50a 含义:

被测表面绕基准轴线 D 放置一周时, 在任一测量圆柱面内, 轴向的跳动量均不得大于 0.1mm。

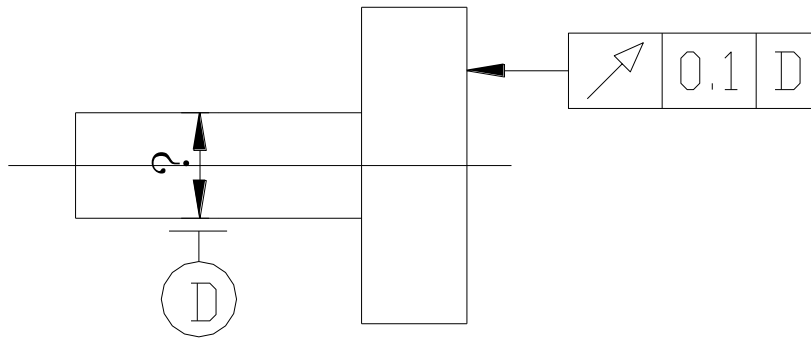


图 3-50 端面圆跳动公差带示例

3) 斜向圆跳动公差

被测要素为圆锥面或其它类型的曲线回转面, 测量方向应与被测面的轮廓线垂直或为被测面的轮廓线的法线方向。

图 3-51a、c 含义:

被测面绕基准轴线 C 旋转一周时, 在任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于 0.1mm。

4) 斜向 (给定角度的) 圆跳动公差

图 3-52a: 被测面绕基准轴线 A 旋转一周时, 在给定角度 60° 的任一测量圆锥面上的跳动量均不得大于 0.1mm。

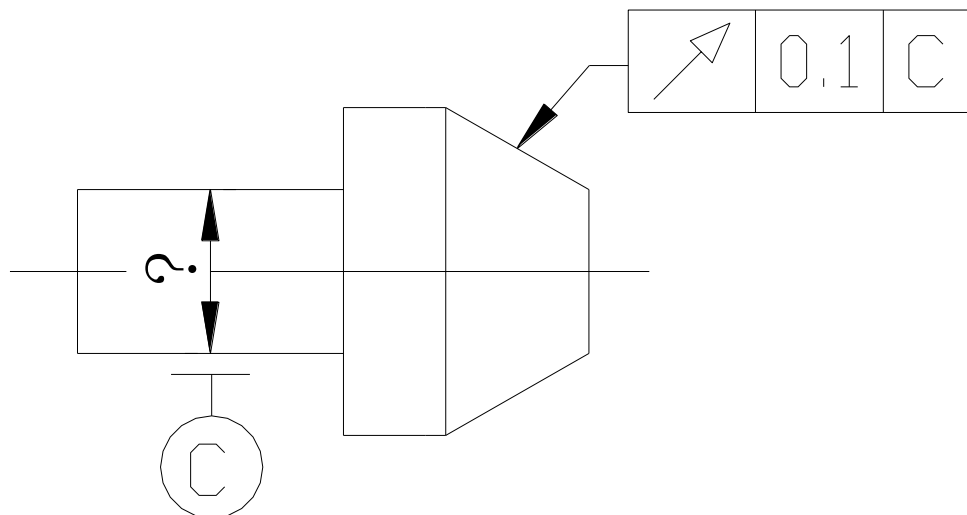


图 3-51 斜向圆跳动公差示例

(2) 全跳动公差

全跳动公差是被测要素绕基准轴线作若干次旋转, 测量仪器与工件间同时作轴向或径向的相对移动时, 指示器示值所允许的最大变动量。

1) 径向全跳动公差

被测要素和测量方向与径向圆跳动相同, 不同的是被测要素作若干次旋转, 同时仪器和工件间沿轴向有相对移动。

图 3-53a 含义:

被测要素绕公共基准轴线 A-B 作若干次旋转，并使测量仪器与工件沿基准轴线方向在整个被测表面上作相对移动时，被测要素上面各点间的示值差不得大于 0.1mm。

2) 端面全跳动公差

被测要素和测量方向与端面圆跳动相同，不同的是被测要素要作若干次旋转，同时测量仪器与工件间有径向相对移动。

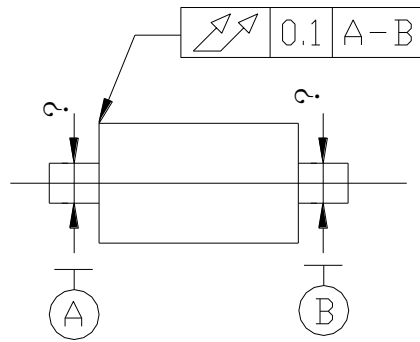
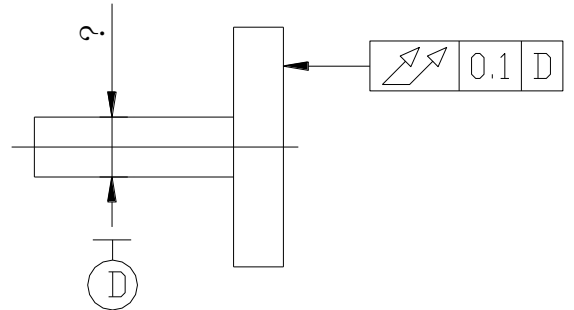


图 3-53 径向全跳动公差带图



3-54 端面全跳动公差带示例

图 3-54a 含义：

被测要素绕基准轴线 D 作若干次旋转，并使测量仪器与工件沿着与基准轴线垂直的方向在整个被测表面上作径向相对移动时，被测要素上面各点间的示值误差均不得大于 0.1mm。

跳动是一项综合性的误差项目，它综合反映了被测要素的形状误差和位置误差，因而跳动公差可以综合控制被测要素的位置，方向和形状误差。

由于跳动公差具有以上所述的综合控制作用，并且测量方法简便易行，因而对轴类零件，在满足功能要求的前提下应优先采用跳动公差。

1. 平面度的测量
2. 平行度的测量
3. 直线度或者圆跳动度的测量

小结：

形状公差重点讲述形状公差的概念及各种形状公差带的特征。位置公差重点讲述位置公差，同一要素上形状公差与位置公差的关系；各项位置公差带的特征。

第 5 章 表面粗糙度及其检测（8 学时）

教学目的和要求：

介绍表面粗糙度的定义、评定范围与评定基准线和 6 个评定参数，掌握表面粗糙度标注方法及各种加工方法所能达到的值。

思政元素融入：培养增强质量意识和工程伦理意识。

§ 5-1 表面粗糙度概念和评定参数

课时：2 课时

教学目的和要求：

了解表面粗糙度对零件使用性能的影响，表面粗糙度的评定参数，熟练掌握表面特征代号及标注方法。

教学重点及难点：

表面粗糙度的特征符号、标注方法、标注粗糙度的数值选择。

教学方法及手段：讲授

一、表面粗糙度的概念

1、表面粗糙度

定义：表述峰谷的高低和间距状况的微观几何形状特性的术语称为表面粗糙度。

表面粗糙度反映的是零件被加工表面上的微观几何形状误差。

起伏间距入，幅度 h。

$\lambda/h < 40$ ：表面粗糙度

$\lambda/h > 1000$ ：形状误差

$40 < \lambda/h < 1000$ ：表面波度

2、表面粗糙度对零件使用性能的影响

1、对配合性质的影响

间隙配合：Ra 过大，间隙增大，引起配合性质的改变。

过盈配合：Ra 过大，实际过盈量减小，降低连接强度。

2、对磨擦，磨损的影响

表面越粗糙，因摩擦而消耗的能量也越大。

某些场合，表面过于光滑，则不利于润滑油的储存。

综上所述，只有选取合适的表面粗糙度，才能有效地减小零件的磨擦和磨损。

3、对抗腐蚀性的影响

4、对零件强度的影响

5、对接触刚度的影响

6、对结合密封性的影响

3、基本术语

1、实际轮廓

实际轮廓是指平面与实际表面相交所得的轮廓线。

分为横向轮廓和纵向轮廓。

2、取样长度（l）

取样长度是指用于判别具有表面粗糙度特征的一段基准线长度。

在取样长度范围内，一般不少于 5 个以上的轮廓峰和轮廓谷。

3、评定长度（ln）

评定长度是指评定轮廓所必需的一段长度，它可以包括一个或几个取样长度。

4、基准线

基准线是用以评定表面粗糙度参数的给定的线。

(1)轮廓的最小二乘中线

(2)轮廓的算术平均中线

算术平均中线是指具有几何轮廓形状在取样长度内与轮廓走向一致的基准线，在取样长度内由该线划分轮廓使上，下两边的面积相等。

二、表面粗糙度的评定参数

Ra——轮廓算术平均偏差

Rz——微观不平度十点高度

Ry——轮廓最大高度

高度特性参数

(1)轮廓算术平均偏差（Ra）

轮廓算术平均偏差是指在取样长度内轮廓偏距绝对值的算术平均值。

$$Ra = 1/n (| Y1 | + | Y2 | + \dots + | Yn |)$$

Ra 参数能充分反映表面微观几何形状高度方面的特性，且测量方便，因而标准推荐优先选用 Ra。

(2)微观不平度十点高度（Rz）

微观不平度十点高度是指在取样长度内 5 个最大的轮廓峰高的平均值与 5 个最大的轮廓谷深的平均值之和。

Rz 参数由于测量点不多,因而反映微观形状高度方面的特性不如 Ra 充分,但由于 Y 和 Y 值易于在光学仪器上直观地测量,计算公式也较为简单,因而也是应用比较多的参数。

(3)轮廓最大高度 (Ry)

轮廓最大高度是指在取样长度内轮廓峰顶线和轮廓谷底线之间的距离,峰顶线和谷底线分别指在取样长度内,平行于基准线。

$$Ry=Rp+Rm=Ypmax+Yvmax$$

Ry 值不如 Rz 值反映的几何特性准确,一般与 Ra 或 Rz 值联用,控制微观不平度的谷深,从而控制表面微观裂纹的深度,常用于受交变应力作用的工作表面及被测面积很小的表面。

国际还规定,在高度特征参数常用的参数值范围内 (Ra 为 0.025~6.3um;Rz 为 0.1~25um) 优先选用 Ra。

评定长度的选用: 均匀性较好: <5L

一般: =5L

均匀性较差: >5L

小结:

掌握表面粗糙度的概念、基本术语 (取样长度 l、评定长度 ln、中线制)、主要评定参数 (Ra、Rz、Ry)。理解附加评定参数 (Sm、S、tp)

§ 5-2 表面粗糙度的标注

课时: 1 课时

教学目的和要求:

使学生较熟练掌握表面特征代号及标注方法。

教学重点及难点:

表面粗糙度符号、代号含义及标注方法。

教学方法及手段: 讲授

教学内容:

一、表面粗糙度符号及代号

1、表面粗糙度的符号

- : 基本符号,表示表面可用任何方法获得。
- : 基本符号加一短划,表示表面是用去除材料的方法获得。
- : 基本符号加一小圆,表示表面是用不去除材料的方法获得。

2、表面粗糙度代号

在表面粗糙度符号的基础上,注出表面粗糙度数值及其有关的规定项目后就形成了表面粗糙度代号。

a1,a2——粗糙度高度参数代号及其数值

b——加工要求,镀覆,涂覆,表面处理或其它。

c——取样长度或波纹度

d——加工纹理方向

e——加工余量

f——粗糙度间距参数值或轮廓支承长度率

表面粗糙度高度参数

3.2 用任何方法获得的表面粗糙度,Ra 的上限值为 3.2um。

3.2max 用任何方法获得的表面粗糙度,Ra 的最大值 3.2um

3.2 用去除材料方法获得的表面粗糙度,Ra 的上限值为 3.2um。

3.2max 用去除材料方法获得的表面粗糙度,Ra 的最大值为 3.2um。

3.2 用不去除材料方法获得的表面粗糙度,Ra 的上限值为 3.2um。

3.2max 用不去除材料方法获得的表面粗糙度,Ra 的最大值为 3.2um。

1.6 用去除材料方法获得的表面粗糙度,Ra 的上限值为 3.2um,Ra 的下限值为 1.6um。

用去除材料方法获得的表面粗糙度，Ra 的最大值为 3.2um，Ra 的最小值为 1.6um。

用任何方法获得的表面粗糙度，Ry 的上限值 3.2um。

用去除材料方法获得的表面粗糙度，Ra 的最大值为 3.2um，Ry 的最大值为 12.5um。

用去除材料方法获得的表面粗糙度，Rz 的最大值为 3.2um,最小值为 1.6um。

注意：（1）高度参数采用 Ra 时，参数值前可不标注参数符号“Ra”，而采用参数 Rz 或 Ry 时，参数值前应标注相应的参数符号“Rz”和“Ry”。

（2）当图样上标注参数的最大值（max）或（和）最小值时，表示参数中所有的实测值均不得超过规定值。

（3）当图样上标注参数的上限值或（和）下限值时，表示参数中所有的实测值中允许少于总数的 16%的实测值超过规定值。

二、表面粗糙度在图样上的标注

1、表面粗糙度符号，代号在图样上一般注在可见轮廓线，尺寸界线，引出线或它们的延长线上；符号的尖端必须从材料外指向表面，代号中数字及符号的注写方向必须与尺寸数字方向一致。

2、标准规定在同一图样上，每一表面一般只标注一次，并尽可能靠近有关的尺寸线。

3、当零件的大部分表面具有相同的表面粗糙度要求时，对其中使用最多的一种代号可以统一注在图样的右上角，并加注“其余”两字。

4、当零件所有表面具有相同的表面粗糙度要求时，其代号可在图样的右上角统一标注。

§ 5-3 表面粗糙度的应用及检测

课时：1 课时

教学目的和要求：

表面粗糙度参数值的合理选用。

教学重点及难点：

表面粗糙度的检测。

教学方法及手段：讲授，实操

教学内容：

一、表面粗糙度的选用

表面粗糙度参数值的选择应遵循既满足零件表面功能要求，又考虑经济性的原则。

1、在满足表面功能要求的情况下，尽量选用较大的表面粗糙度数值，以降低加工成本。

2、在同一零件上，Ra 工作 < Ra 非工作。

3、Ra 磨擦 < Ra 非磨擦； Ra 滚动 < 滑动；

Ra 速度高（压力大） < Ra 速度低（压力小）

4、承受循环载荷，应力集中的表面，Ra ↓。

5、配合精度高，间隙小，承载的过盈配合，Ra ↓。

6、尺寸小 → Ra ↓；尺寸公差 ↓；形状公差小 ↓ → Ra

二、表面粗糙度的检测

1、比较法

2、光切法

3、干涉法

4、感触法

实验：表面粗糙度的检测

小结：

1、掌握表项粗糙度的基本符号的意义及表面粗糙度的标注。

2、掌握表面粗糙度参数值（高度参数）的一般选择原则。