

## 2 机械加工精度及其控制

Machining Precision and Errors Control



# 分布图分析法

## 直方图

1) 采集数据——样本容量通常取  $n = 50 \sim 200$

2) 确定分组数、组距、组界、组中值

① 按下表初选分组数  $k'$

分组数  $k'$  的选定

$n$	25~40	40~60	60~100	100	100~160	160~250
$K'$	6	7	8	10	11	12

② 确定组距  $d$ :  $d' = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k' - 1} = \frac{R}{k' - 1}$  取整,  $d' \rightarrow d$

③ 确定分组数  $k$ :  $k = \frac{R}{d} + 1$

④ 确定各组组界、组中值

⑤ 统计各组频数



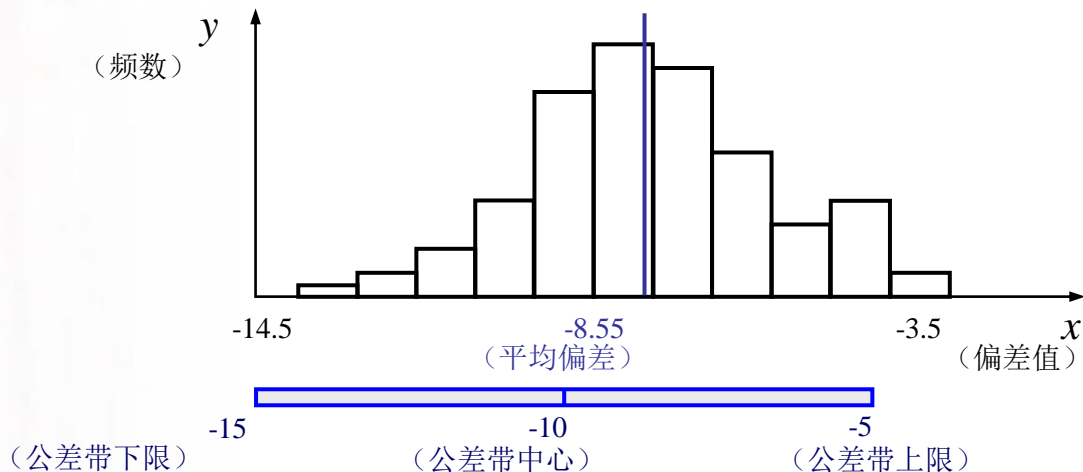
# 分布图分析法

3) 计算样本平均值和标准差:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

4) 画直方图



直方图



# 分布图分析法

例：磨削一批轴径  $\phi 60_{+0.01}^{+0.06}mm$  的工件，绘制工件加工尺寸的直方图。

1) 采集数据——样本容量  $n = 100$ ,  $x_{\max} = 54\mu m$ ,  $x_{\min} = 16\mu m$

表 2-3 轴径尺寸实测值 (单位:  $\mu m$ )

44	20	46	32	20	40	52	33	40	25	43	38	40	41	30	36	49	51	38	34
22	46	38	30	42	38	27	49	45	45	38	32	45	48	28	36	52	32	42	38
40	42	38	52	38	36	37	43	28	45	36	50	46	33	30	40	44	34	42	47
22	28	34	30	36	32	35	22	40	35	36	42	46	42	50	40	36	20	16	53
						$x_{\max}$ 54											$x_{\min}$		
32	46	20	28	46	28	54	18	32	35	26	45	47	36	38	30	49	18	38	38

注：表中数据为实测尺寸与基本尺寸之差。



# 分布图分析法

## 2) 确定分组数、组距、组界、组中值

① 按表初选分组数  $k=9$

② 确定组距  $d$ :  $d = \frac{R}{k-1} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k-1} = \frac{54-16}{9-1} = 4.75\mu\text{m}$

取整,  $d=5\mu\text{m}$

③ 确定分组数  $k = \frac{R}{d} + 1 = 8.6$       取整,  $k=9$

④ 确定各组组界

$$x_{\min} + (j-1)d \pm \frac{d}{2} \quad (j=1,2,\dots,k)$$

各组组中值

$$x_{\min} + (j-1)d \quad (j=1,2,\dots,k)$$



# 分布图分析法

## ⑤ 统计各组频数

$$f = \frac{p}{n}$$

$$pdf = \frac{f}{d} = \frac{p}{nd}$$

表 2-4 频数分布表

组号	组界/ $\mu\text{m}$	中心值 $x_1$	频数统计	频数	频率 (%)	频率密度/ $\mu\text{m}^{-1}$ (%)
1	13.5 ~ 18.5	16	下	3	3	0.6
2	18.5 ~ 23.5	21	正 下	7	7	1.4
3	23.5 ~ 28.5	26	正 下	8	8	1.6
4	28.5 ~ 33.5	31	正 正 下	13	13	2.6
5	33.5 ~ 38.5	36	正 正 正 正 正 下	26	26	5.2
6	38.5 ~ 43.5	41	正 正 正 正	16	16	3.2
7	43.5 ~ 48.5	46	正 正 正 正	16	16	3.2
8	48.5 ~ 53.5	51	正 正	10	10	2
9	53.5 ~ 58.5	56	—	1	1	0.2



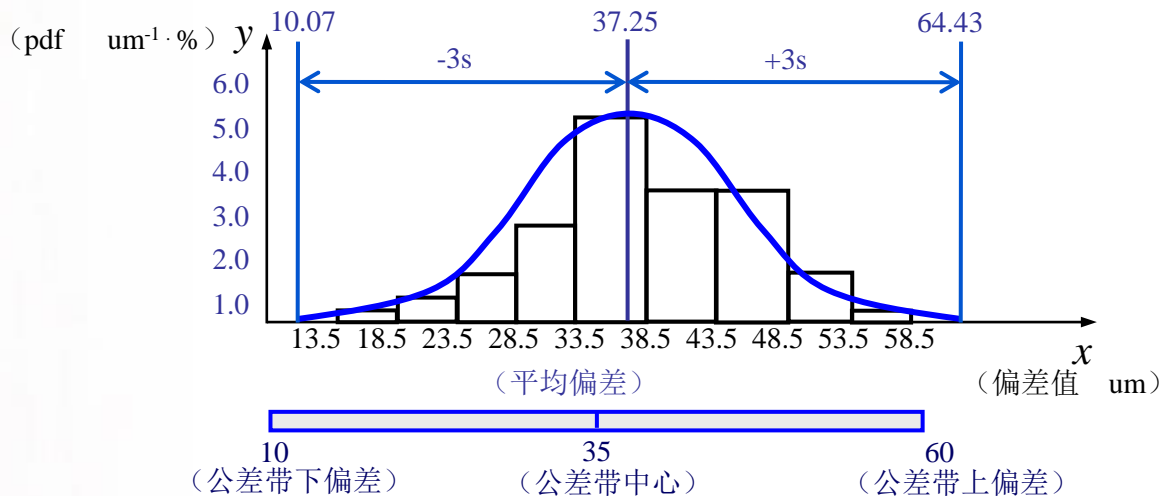
# 分布图分析法

3) 计算样本平均值和标准差:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 37.25 \mu\text{m}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 9.06 \mu\text{m}$$

4) 画直方图



# 分布图分析法

## 分布曲线

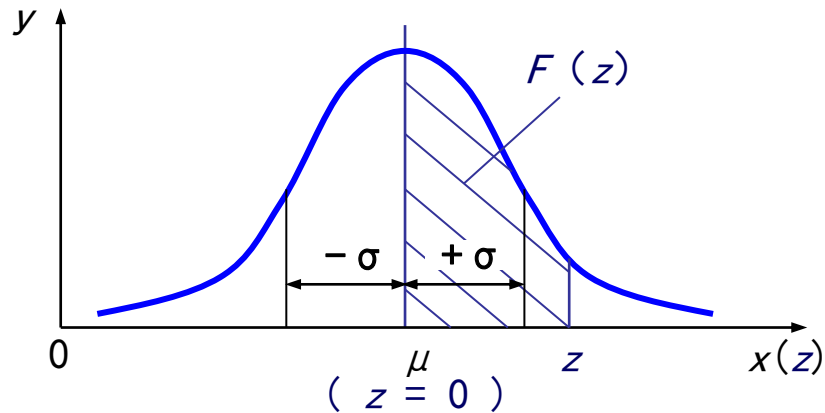
### ◆ 正态分布

➤ 概率论已经证明，相互独立的大量微小随机变量，其总和的分布符合正态分布。大量实验表明，在机械加工中，用调整法加工一批零件，当不存在明显的变值系统误差因素时，则加工后零件的尺寸近似于正态分布。

➤ 概率密度函数 
$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$
  
( $-\infty < x < +\infty, \sigma > 0$ )

★ 式中  $\mu$  和  $\sigma$  分别为 正态分布随机变量总体平均值和标准差。

★ 平均值  $\mu=0$ ，标准差  $\sigma=1$ 的正态分布称为标准正态分布，记为： $x \sim N(0, 1)$



正态分布曲线



# 分布图分析法

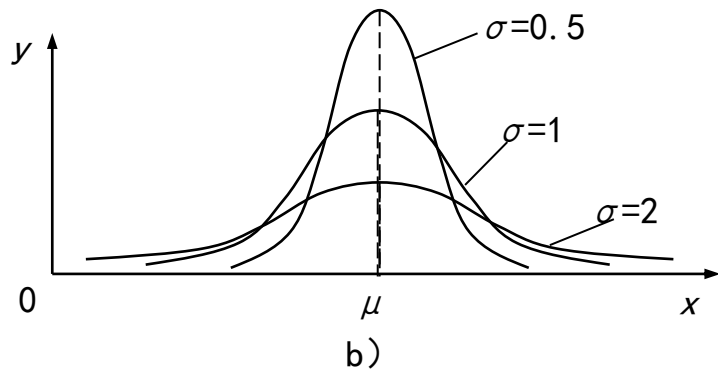
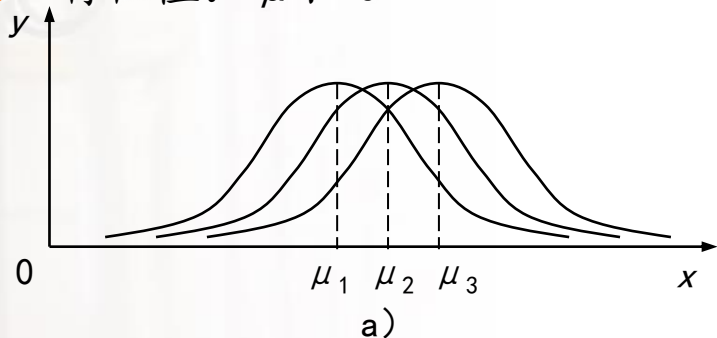
➤ 分布函数：
$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

令： $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ ，称  $z$  为标准化变量，将  $z$  代入上式，有：

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

利用上式，可将非标准正态分布转换成标准正态分布进行计算。

➤ 特征值： $\mu$ 、 $\sigma$



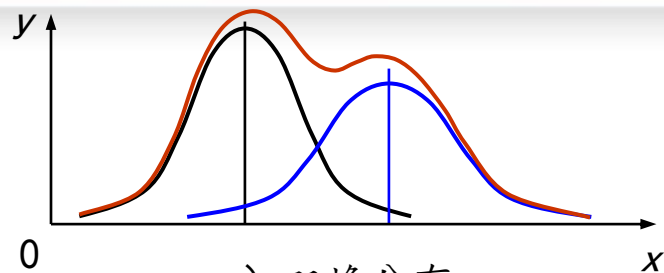
$\mu$ 、 $\sigma$  对正态分布曲线的影响



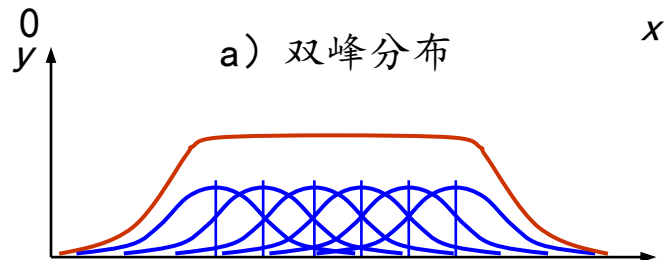
# 分布图分析法

## ◆ 非正态分布

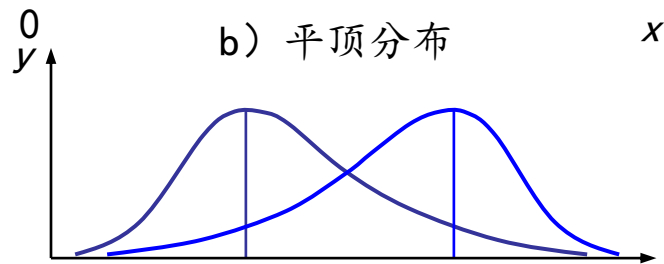
- **双峰分布**：两次调整下加工的工件或两台机床加工的工件混在一起
- **平顶分布**：工件瞬时尺寸分布呈正态，其算术平均值近似成线性变化（如刀具和砂轮均匀磨损）
- **偏向分布**：如工艺系统存在显著的热变形，或试切法加工孔时宁小勿大，加工外圆时宁大勿小



a) 双峰分布



b) 平顶分布



c) 偏向分布



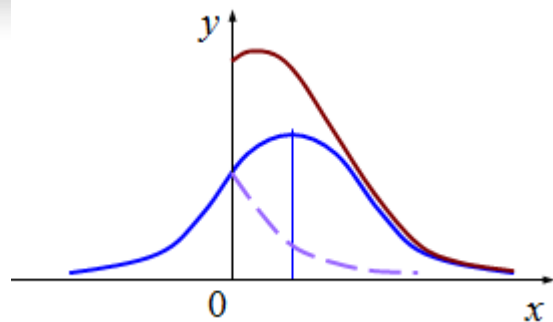
# 分布图分析法

## ◆ 形位误差的分布

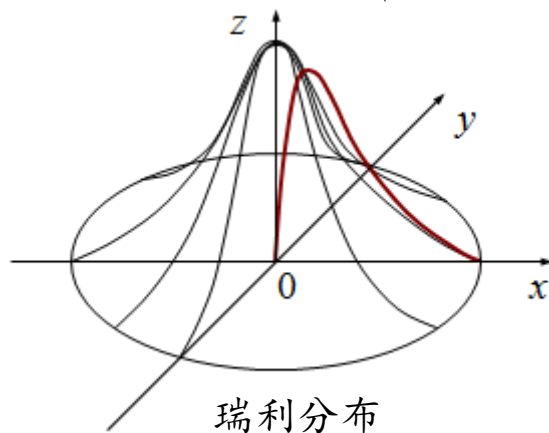
➤ **差数模分布**：正态分布大于零的部分与小于零的部分对零轴线映射后的迭加如对称度、直线与平面的平行度、相邻周节误差等

➤ **瑞利分布**：二维正态分布，在只考虑平面向量模情况下转换成一维分布，如同轴度、直线与直线平行度、端面圆跳动误差等（不考虑系统误差）

➤ **瑞利综合分布**：上述误差在考虑系统误差的情况下，其误差分布接近瑞利综合分布



差数模分布



瑞利分布



# 分布图分析法

## 分布图应用

- ◆ 判断加工性质
  - 判断是否存在明显变值系统误差；
  - 判断是否存在常值系统误差，及常值系统误差的大小。
- ◆ 确定工序能力

➤ 工序能力

$$CP = \pm 3\sigma$$

➤ 工序能力系数

$$\left\{ \begin{array}{l} C_P = \frac{TU - TL}{6 \cdot \sigma} \\ C_{PK} = \frac{(TU - TL) - 2\Delta}{6 \cdot \sigma} \end{array} \right.$$

式中  $TU$ 、 $TL$ ——公差带上、下限；  
 $\Delta$ ——公差带中心与误差分布中心偏移距离；  
 $\sigma$ ——误差分布的标准差。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/977000065142006033>