



目录

一. 过程能力分析

二. 测量系统分析



一. 过程能力分析



一、基本概念

1. 过程能力分析：

就是对过程中影响产品质量的各类因素（5 M 1 E：人. 机. 料. 法. 环. 测）进行分析，找出主导因素，调查这些因素与**产品质量特性**之间的关系，然后建立过程因素管理标准（或质量控制计划），根据标准（或质量控制计划展开过程质量控制活动；

2. 过程能力：

是指构成过程的六大要素（5 M 1 E：人. 机. 料. 法. 环. 测）处于稳定状态时，产品质量波动程度的数量表示，它反映了过程的实际能力，通常用产品特性波动标准差 σ 来度量；

3. 过程能力指数：

过程质量要求与过程能力的比值，常用 C_p 表示： $C_p = T / 6 \sigma$
过程能力只表示过程的实际加工能力，而与产品的技术要求无关，为了衡量过程能力满足过程技术要求程度，因此引入了过程能力指数的概念；



进行过程能力分析的意义

- 一、保证产品质量的基础工作；
- 二、提高过程能力的有效手段；
- 三、找出产品质量改进的方向；
- 四、向客户证明加工过程能力。



过程能力有关的几个统计量

1. sigma(σ) -

短期制程: $\sigma_{ST} = R / d_2, S / c_4$

长期制程: $\sigma_{LT} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$

2. Cp (Cpu Cpl):

-- Pp $C_p = \frac{Usl - Lsl}{6\sigma_{ST}}, P_p = \frac{Usl - Lsl}{6\sigma_{LT}}, C_{pu} = \frac{Usl - \bar{x}}{3\sigma_{ST}}, C_{pl} = \frac{\bar{x} - Lsl}{3\sigma_{ST}}$

3. Cpk: $C_{pk} = C_p * (1 - k), k = \left| \frac{\bar{x} - \mu}{T/2} \right|, T = Usl - Lsl$

-- Ppk $P_{pk} = P_p * (1 - k), k = \frac{\bar{x} - \mu}{T/2}, T = Usl - Lsl$

二、过程能力指数的计算

一 计量值

1 双侧规格界限

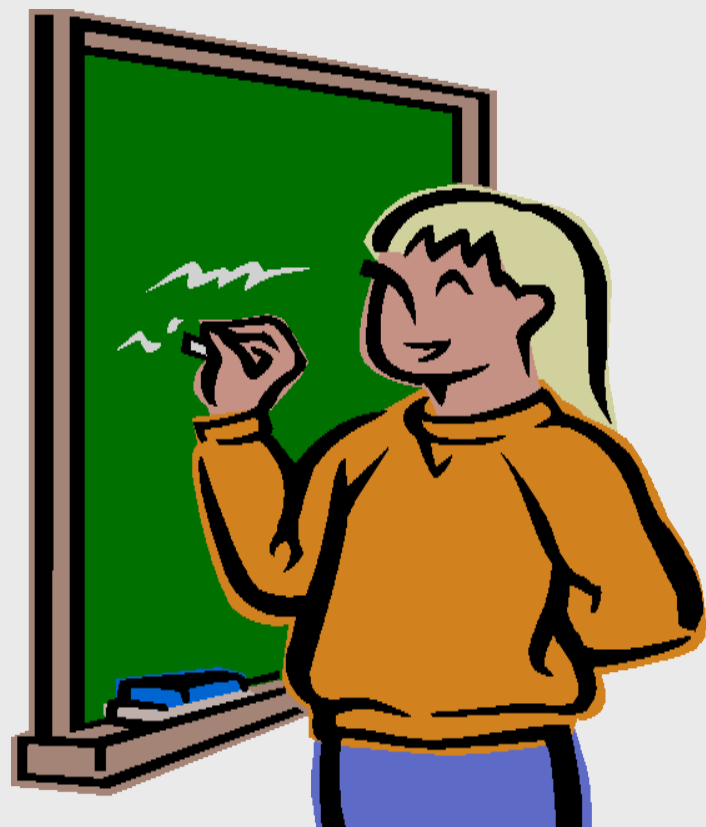
(1) 无偏

(2) 有偏

2 单侧规格界限

(1) 仅给出规格上限 T_U

(2) 仅给出规格下限 T_L



计量值

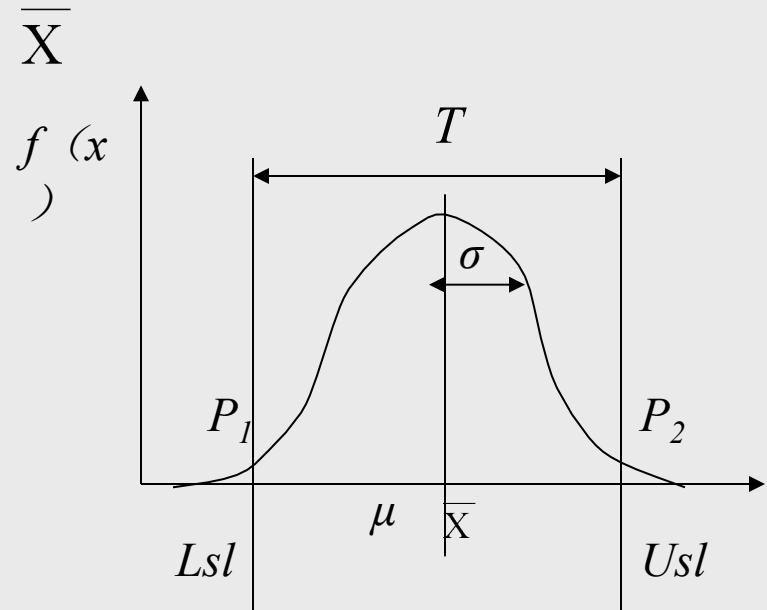
1. 双侧规格界限

双侧规格界限是指既具有规格上限(TU)要求, 又有规格下限(TL)要求的情况

(1) 无偏-规格中心 μ 与分布中心重合 \bar{X}

● 计算公式:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma}$$





Cp与不良率P之间的关系

① 不合格品率估计:

$$p = 2 - \left[\text{NORMSDIST}\left(\frac{Usl - \bar{\chi}}{\sigma}\right) + \text{NORMSDIST}\left(\frac{Lsl - \bar{\chi}}{\sigma}\right) \right]$$

注：查标准正态函数分布表可得



例1

根据某工序加工零件的测试数据计算得出， $\bar{X} = 6.5$ ， $\sigma = 0.0055$ ，规格要求为 $\phi 6.5 \begin{smallmatrix} +0.015 \\ -0.015 \end{smallmatrix}$ 。

试求该工序的过程能力指数及不良品率。

解：

$$\bar{\chi} = \mu = 6.5$$

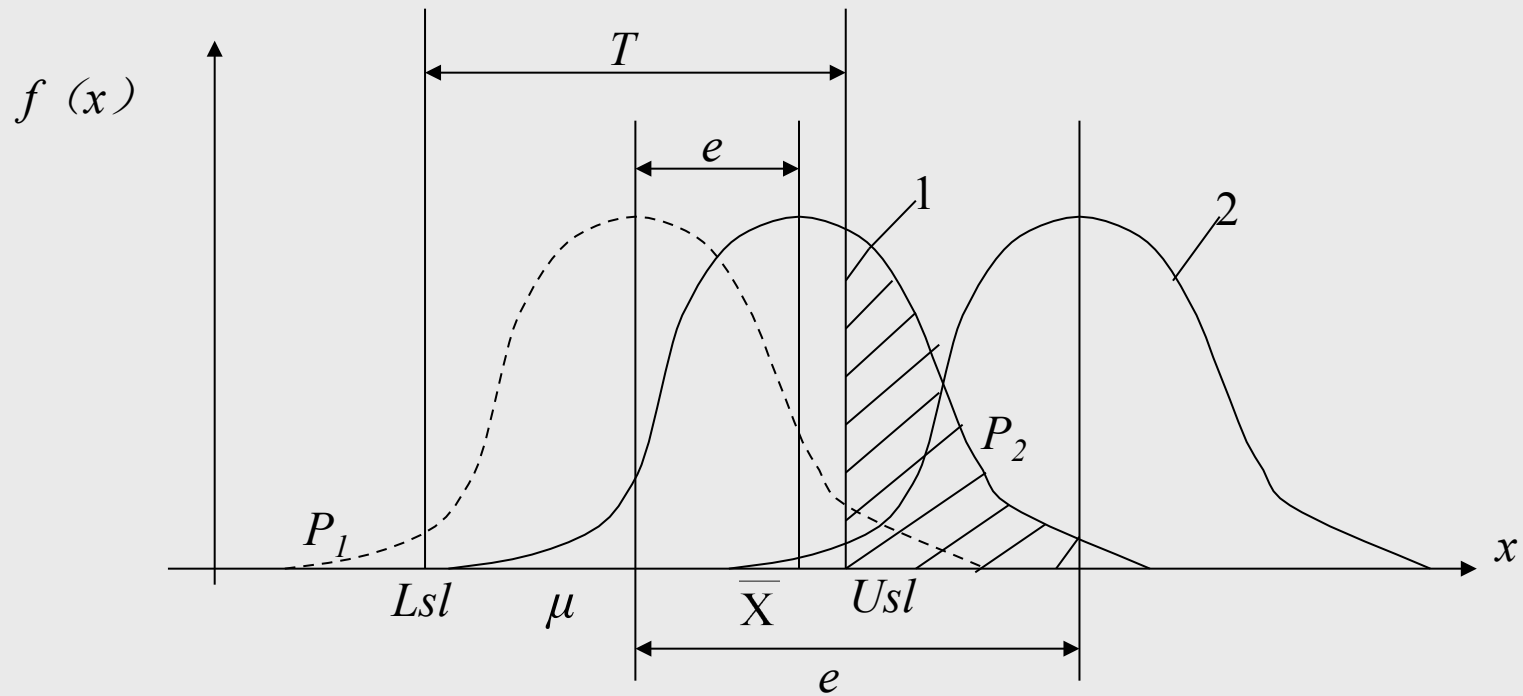
$$C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{0.030}{6 \times 0.0055} = 0.909$$

$$p = 2\text{NORMSDIST}(3C_p) = 2\text{NORMSDIST}(3 \times 0.909)$$

$$= 2\text{NORMSDIST}(2.727) = 2 \times 0.003197$$

$$= 0.006394$$

(2) 有偏——规格中心 μ 与分布中心 \bar{X} 不重合



有偏时过程能力指数与不合格品率



(2) 有偏——规格中心 μ 与分布中心不重合

● 计算公式:

绝对偏移量 : $e = |\mu - \bar{x}|$

偏移系数 : $k = \frac{e}{T/2} = \frac{2e}{T}$

过程能力指数: $C_{pk} = (1 - k)C_p = (1 - k)\frac{T}{6\sigma}$

或: $C_{pk} = \frac{T}{6\sigma} - \frac{2eT}{T6\sigma} = \frac{T - 2e}{6\sigma}$

$$C_{pk} = \text{Min}\left(\frac{USL - \bar{\chi}}{3\sigma}, \frac{\bar{\chi} - LSL}{3\sigma}\right)$$



例2:测试一批零件外径尺寸的平均值 $\bar{X} = 19.0101$ $s=0.0143$, 规格要求为 $\phi 19 \pm 0.03$, 试计算过程能力指数并估计不合格品率

解: 由题意:

计算 cpk

$$Lsl = 18.97 \quad T = 0.07$$

$$Usl = 19.04$$

$$\mu = \frac{Usl + Lsl}{2} = 19.005 \neq \bar{x} = 19.0101$$

$$e = |\mu - \bar{x}| = |19.005 - 19.0101| = 0.0051$$

$$C_{pk} = \frac{T - 2e}{6S} = \frac{0.07 - 2 \times 0.0051}{6 \times 0.0143} = 0.70$$

$$k = \frac{2|19.005 - 19.0101|}{0.07} = 0.145$$

$$C_p = \frac{0.07}{6 \times 0.0143} = 0.816$$

$$C_{pk} = (1 - k)C_p = (1 - 0.145) \times 0.816 = 0.7$$

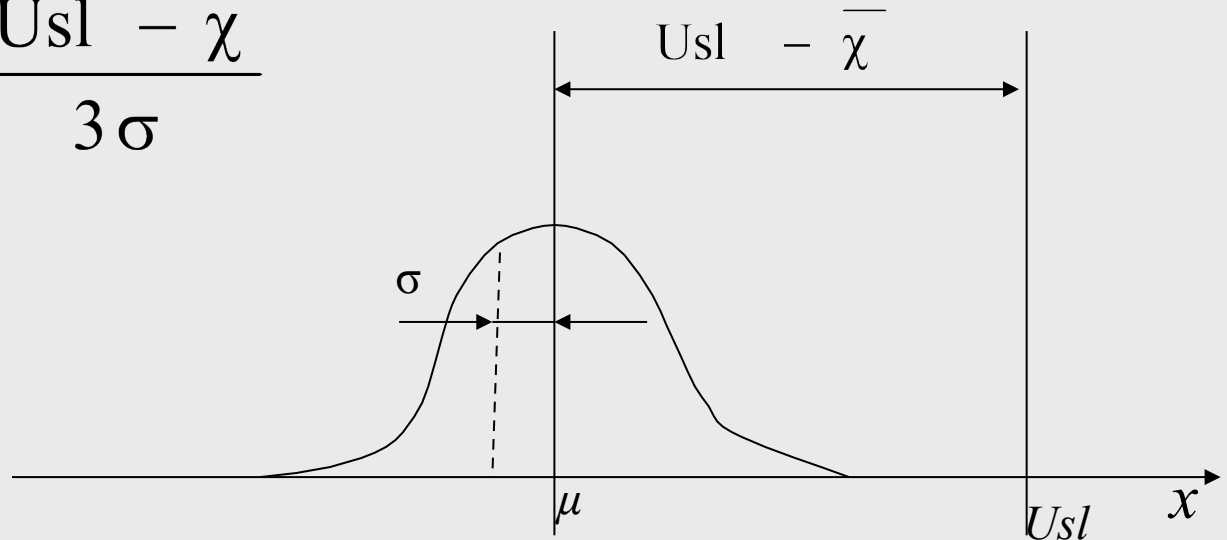
由 $C_p=0.816$, $k=0.145$ 查表得不良品率估计约为2.09%~2.46%

1. 仅有规格上限 (Tu)

说明：当只有单侧规格时，此时的单侧过程能力指即为CPK

● 计算公式：

$$C_{pu} = \frac{Usl - \bar{\chi}}{3\sigma}$$





例：某零件质量要求加工后不得大于71g，测试部分数据后得

$\bar{X} = 70.2\text{g}$, $S = 0.24\text{g}$, 试计算过程能力指数 CPK

解：

$$\begin{aligned} C_{pu} &= \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma} \\ &= \frac{71 - 70.2}{3 \times 0.24} \\ &= 1.11 \end{aligned}$$

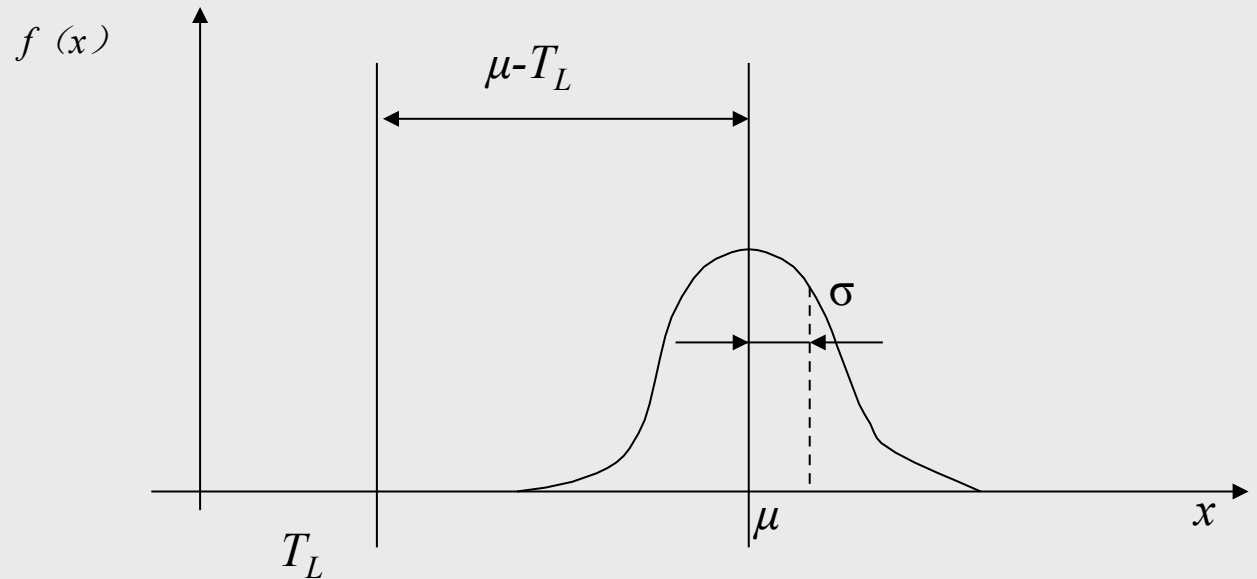


(2) 仅有规格下限 (T_L)

说明：当只有单侧规格时，此时的单侧过程能力指即为CPK

● 计算公式：

$$C_{pl} = \frac{\bar{\chi} - Lsl}{3\sigma}$$





例3 要求零件淬火后的硬度 $\geq HRC 71$ ，实测数据后计算得 $\bar{x} = HRC 73$ ； $S=1$ ，试计算过程能力指数Cpk

解：

$$\begin{aligned} C_{pl} &= \frac{\bar{x} - Lsl}{3\sigma} \\ &= \frac{73 - 71}{3 \times 1} \\ &= 0.67 \end{aligned}$$



三、计数值

1.从DPMO到Sigma (σ)水平

DPMO是基于下面的参数计算到:

(1)D=缺陷数

(2)O=单位缺陷数

(3)U=单位数

(4) $DPMO = D / (U * O) * 10^6$

例:

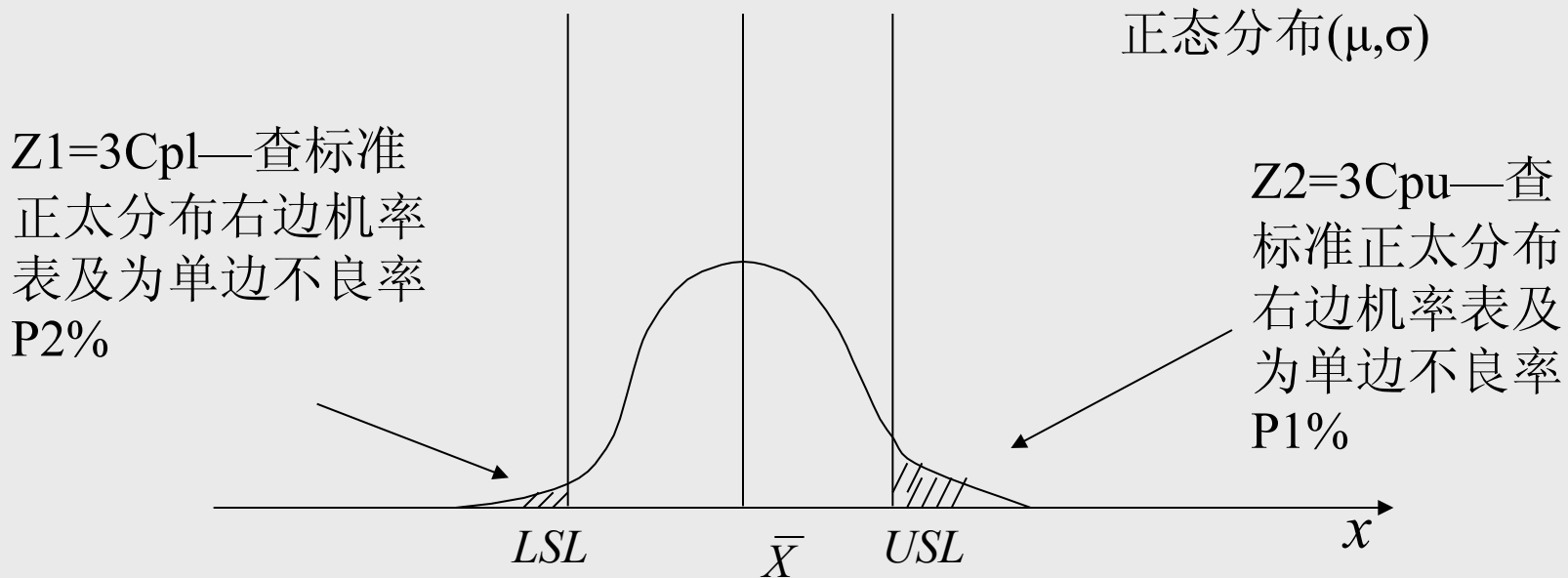
计算出过程DPMO=320PPM

查正态分布表可得Z=3.59及为3.59 **Sigma (σ)水平**

四、制程不良率PPM推算

1.由计量型数据的正态分布性质,我们可以在Cpk的基础上通过查表标准正态分布表右边机率查出不良率%:

■不良率(总)=P1%+P2%





例：某一产品所计算得： $C_{pu}=0.82$ $C_{pl}=1.21$,试估计制程不良率？

不良率(总)= $P1\%+P2\%$

$Z1=3* C_{pl}=3*1.21=3.63$ (查正态分布常数表0.0142%)

$Z2=3* C_{pu}=3*0.82=2.46$ (查正态分布常数表0.6947%)

总计不良率= $0.0142\%+0.6947\%=0.7089\%=7089PPM$

查《标准正态分布常数表》



2.产品特性的上下规格(USL,LSL),在已知产品平均值及标准差时,可直接用EXCEL的计算功能算出不良率:

P%

**=(1-NORMDIST(USL,均值,标准差,1)
+ NORMDIST(LSL,均值,标准差,1))*100%**

PPM

**=(1-NORMDIST(USL,均值,标准差,1)
+ NORMDIST(LSL,均值,标准差,1))*1000000%**



例:通过SPC计量型控制图已知某一产品的USL=1.5mm,
LSL=1.0, \bar{X} =1.31, σ =0.07,试估计制程不良率?

P%

= $(1-\text{NORMDIST}(1.5,1.31,0.07,1))$

+ $\text{NORMDIST}(1.0,1.31,0.07,1))$ *100%

= $(1-0.996679+0.00005)$ *100%

=0.3326%

=3326PPM



五、长期过程能力指数

一、长期过程能力(Process Performance)

1. 前面的短期制程能力研究主要是用于:

验证过程生产的产品是否符合客户要求;

验证一个新过程或经过调整的过程是否已符合生产要求;

2. 而长期过程能力研究与短期研究差异:

不要过程稳定;

标准差的计算方式不同;

$$Pp = (USL - LSL) / 6 \delta LT$$

$$Ppk = \min(USL - u, u - LSL) / 3 \delta LT$$

$$Ppu = (USL - u) / 3 \delta LT$$

$$Ppl = (u - LSL) / 3 \delta LT$$



六、目标能力指数Cpm

Cpm是反映过程输出 μ 与目标值 m 之间的偏差，主要用于反映过程的期望损失：

$$CPm = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - m)^2}}$$

七、过程能力的评价与处理

过程能力指数 C_p 客观地、定量地反映了过程能力对规格要求的适应程度，因此它是工序能力评价的基础。根据过程能力指数的大小一般可将加工分为五类：

特级加工： $C_p > 1.67$

一级加工： $1.67 \geq C_p > 1.33$

二级加工： $1.33 \geq C_p > 1$

三级加工： $1 \geq C_p > 0.67$

四级加工： $C_p \leq 0.67$





C_p 与工艺不合格品率 PPM 的关系

C_p	成品率 η	工艺不合格品率 (PPM)
0.50	86.64%	133614
0.67	97.73%	22750
0.80	98.36%	16395
0.90	99.31%	6934
1.00	99.73%	2700
1.10	99.9033%	967
1.20	99.9682%	318
1.30	99.9904%	96
1.33	99.9968%	32
1.40	99.9973%	27
1.50	99.99932%	6.8
1.60	99.99984%	1.6
1.67	99.999971%	0.29
1.70	99.999966%	0.34
1.80	99.999994%	0.06
2.00	99.99999982%	0.0018

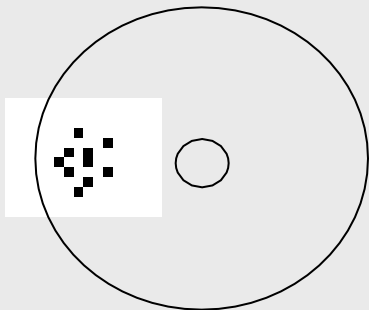
影响过程能力的因素



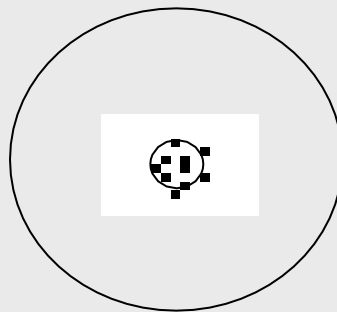
- 工艺方面 (method):
 - 如工艺流程的安排, 过程之间的衔接, 工艺方法、工艺装备、工艺参数、过程加工的指导文件、工艺卡、操作规范、作业指导书等;
- 测量方面 (measure):
 - 如测量仪器的精度、稳定性、测量者的读数习惯、测量方法等等都会对结论的形成产生一定的影响;
- 环境方面 (environment): 如生产现场的温度、湿度、噪音干扰、振动、照明、室内净化、现场污染程度等等。



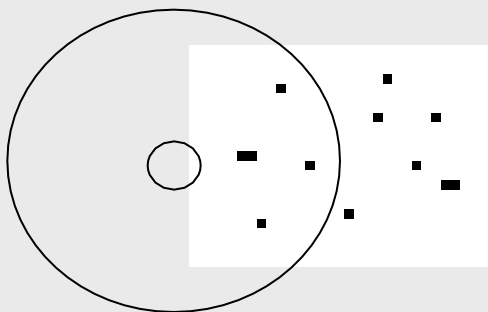
K CP



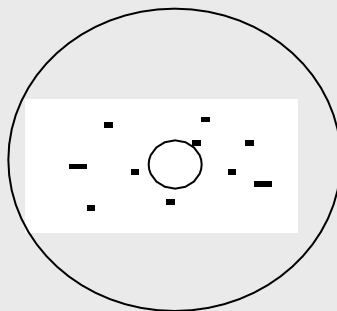
K不好,CP好



K好,CP好



K不好,CP不好



K好,CP不好



提高过程能力指数的途径

$$Cpk = Cp * (1 - k) = \frac{T}{6\sigma} \left(1 - \frac{\bar{X} - \mu}{T/2}\right)$$

调整加工过程的分布中心，减少偏移量K，即： $\bar{X} - \mu$

应以制造单位为主,技术为副,品管为辅

提高过程能力Cp, 即减少分散程度 σ ;

应以技术单位为主,制造为副,品管为辅

修订标准, 增大范围, 即T;

以上均不能有效解决时,为提高良品率降低质量成本时才加以考虑



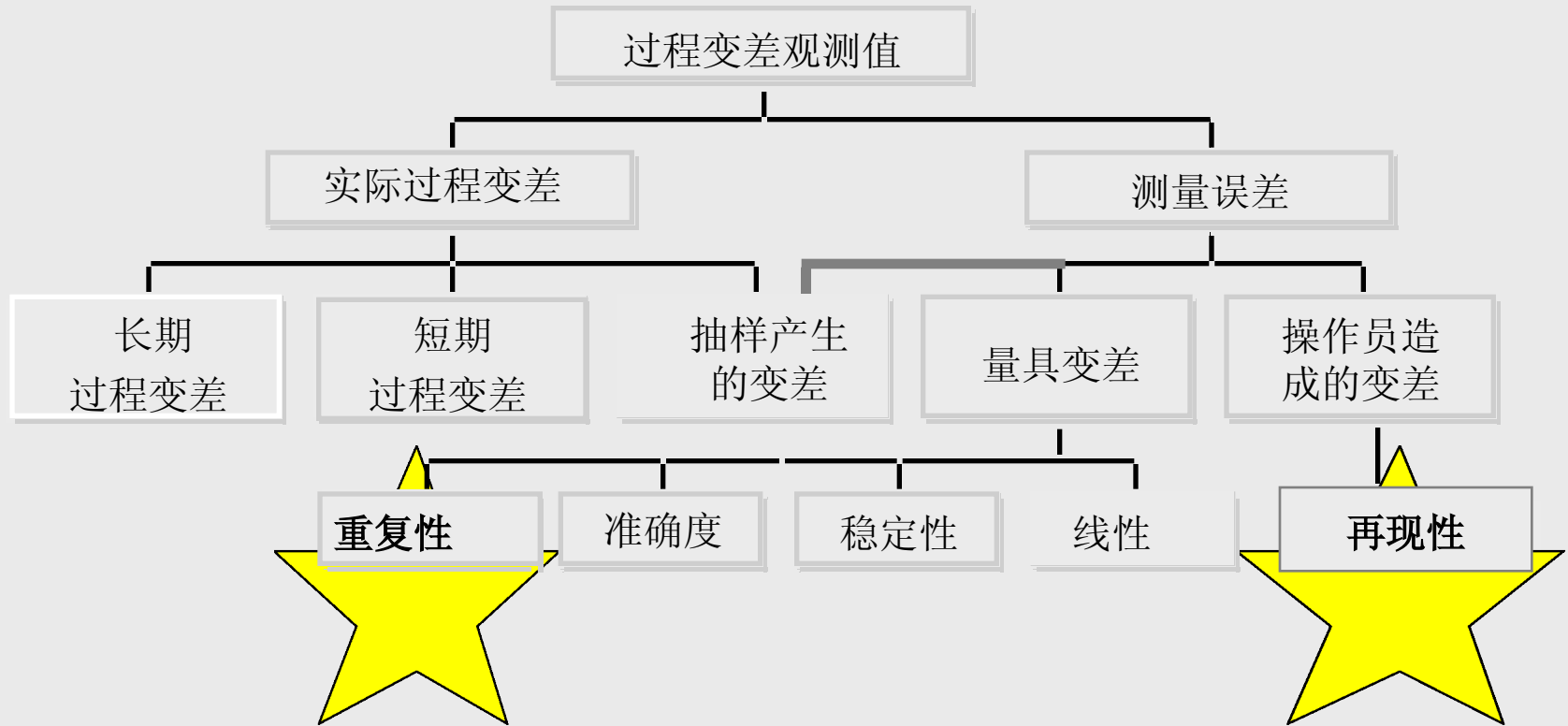
二. 测量系统分析



测量系统分析的目的

- 测量系统分析的目的在于确定所使用的数据是否可靠
- 测量系统分析还可以：
 - 评估新的测量仪器
 - 将两种不同的测量方法进行比较
 - 对可能存在问题的测量方法进行评估
 - 确定并解决测量系统误差问题

过程变差剖析



“重复性”和“再现性”是测量误差的主要来源



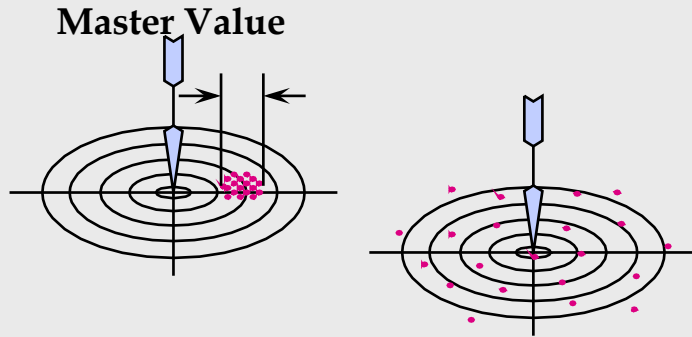
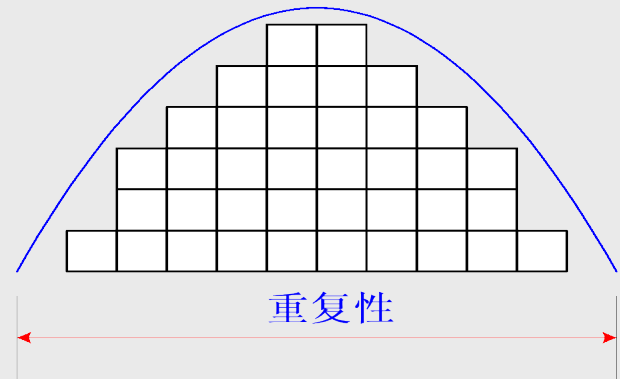
重复性和再现性

- 精确性—描述了测量系统的偏差
 - 可重复性—偏差由量具本身造成；（测量系统内部变差）
 - 可再现性—偏差由测量者的技巧造成；（测量系统之间或条件之间的变差）

测量系统误差=重复性+再现性

精确度：重复性

重复性指同一人使用同一测量工具对同一对象（产品）的同一特性进行多次测量中产生的变差，用于估计短期的变差





重复性

公式：↵

$$EV=5.15 \delta e , \quad \hat{\sigma}_e = \bar{R}/d_2^*$$

其中这里的 \bar{R} 为极差的平均值；↵

例：2名测量员取10个相同特性（长度）的标准件（模块）对二次元测量仪进行重复性分析，数据见统计表：↵

计算：↵

李梅的对10个模块测量值的极差平均值为0.42，王丹的对10个模块测量值的极差平均值为0.64则：↵

$$\text{李梅: } \hat{\sigma}_e = \bar{R}/d_2^* = 0.42/d_2^*(3,20) = 0.42/1.693 = 0.248, \quad EV = 5.15 \delta e = 5.15 * 0.248 = 1.27 \text{↵}$$

$$\text{王丹: } \hat{\sigma}_e = \bar{R}/d_2^* = 0.64/d_2^*(3,20) = 0.64/1.693 = 0.378, \quad EV = 5.15 \delta e = 5.15 * 0.378 = 1.94 \text{↵}$$

如果此2名测量员同一水准，则该量具的设备变差为2人的EV平均值： $(1.27+1.94)/2=1.605$ ↵

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/938075026034006101>