

第五章

过程质量控制

苏秦主编, 现代质量管理学, 清华大学出版社

第一节

质量变异与过程控制

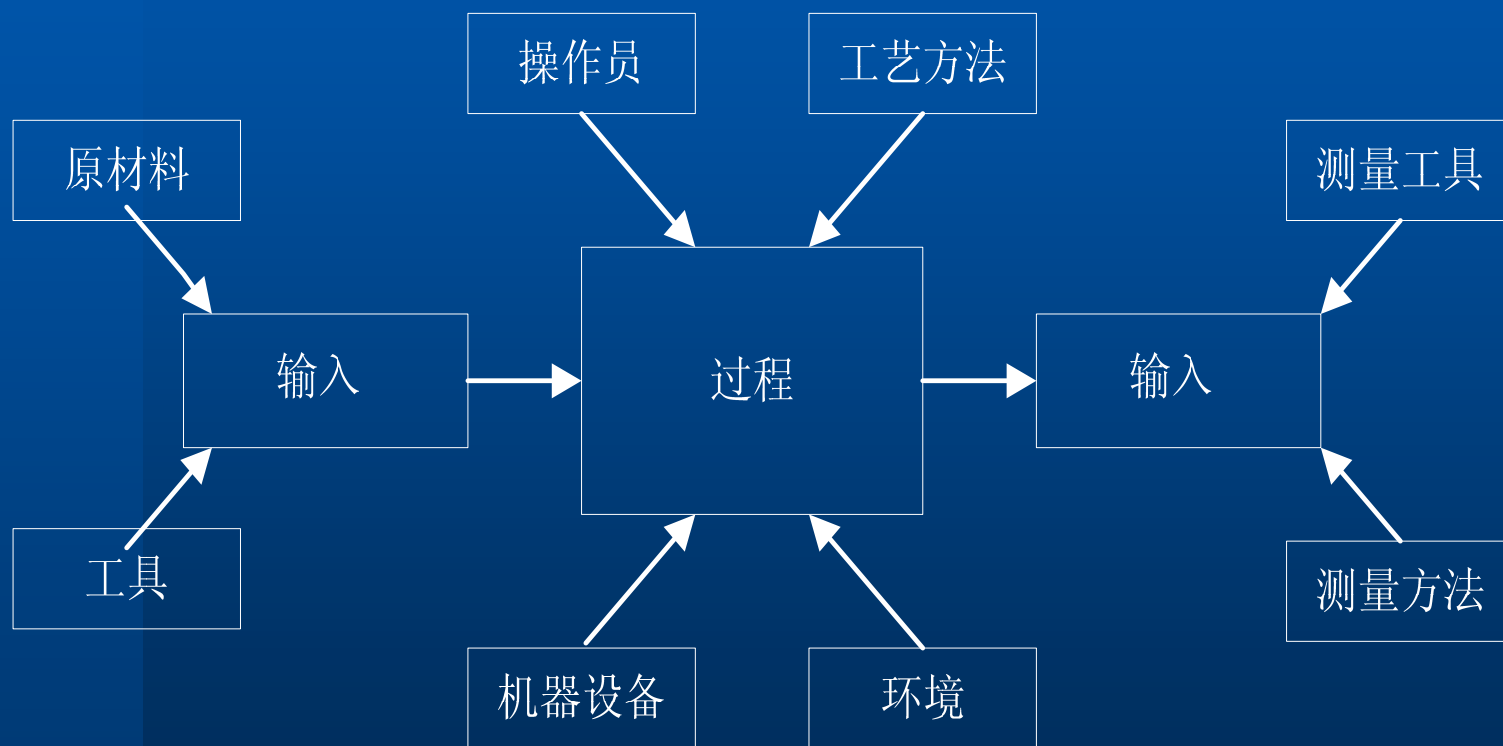
一、质量变异及规律

1、质量变异产生的原因

所谓质量变异，指同一批量的产品，即使所采用的原材料、生产工艺和操作方法相同，但其中每个产品的质量也不能丝毫不差，完全相同，它们之间或多或少总会有些差别，这种差别被称为变异。

产生这种变异的原因在于产品的生产过程中存在着太多的变异源。

制造过程中的变异源

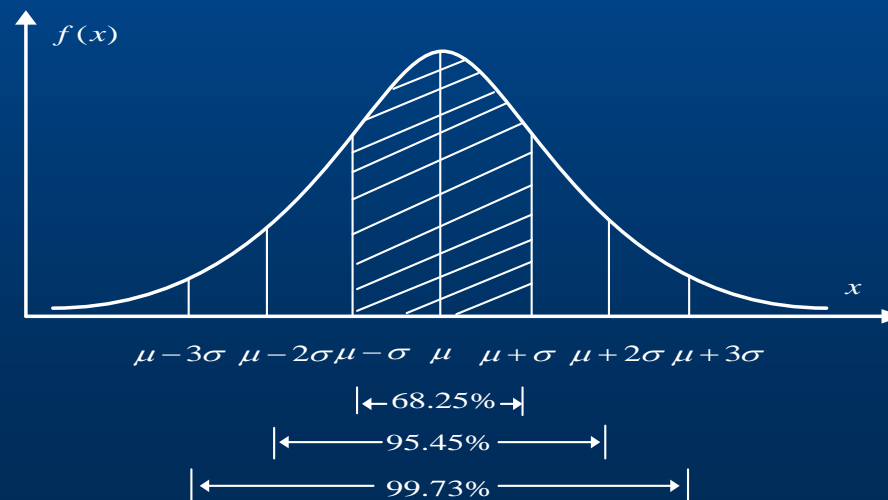


通过实践和研究，对变异形成了以下的共识：

- ① 一个过程中存在着很多变异源；
- ② 每个变异源的发生都是随机的；
- ③ 质量产生变异是一个正常现象，没有变异反倒是虚假现象；
- ④ 完全消灭变异是不可能的，但减少变异是可能的；
- ⑤ 质量变异分为正常变异和异常变异。

2、产品质量变异规律

在产品生产过程中，对于单个产品来说偶然性因素的作用的结果是随机，但对同一批量产品来说，却有一定的规律可寻。



二、过程分析

1、过程分析的概念

过程分析就是对过程中影响产品质量的各类因素进行分析，找出主导性因素，调查这些因素与产品质量之间的关系（特别是一些数量关系），然后建立过程因素的管理标准，根据标准要求开展过程质量控制活动。

2、过程质量的支配性因素

- 定位装置
- 机器设备
- 操作人员
- 原材料
- 信息

3、过程分析的程序

过程分析一般采用质量管理常用的统计方法，按下列步骤进行：

- (1) 分析过程质量因素的状态；
- (2) 选择过程质量特性值；
- (3) 分析影响质量特性值变异的因素；
- (4) 确定支配性因素的控制标准；
- (5) 实施控制，验证效果。

三、过程控制

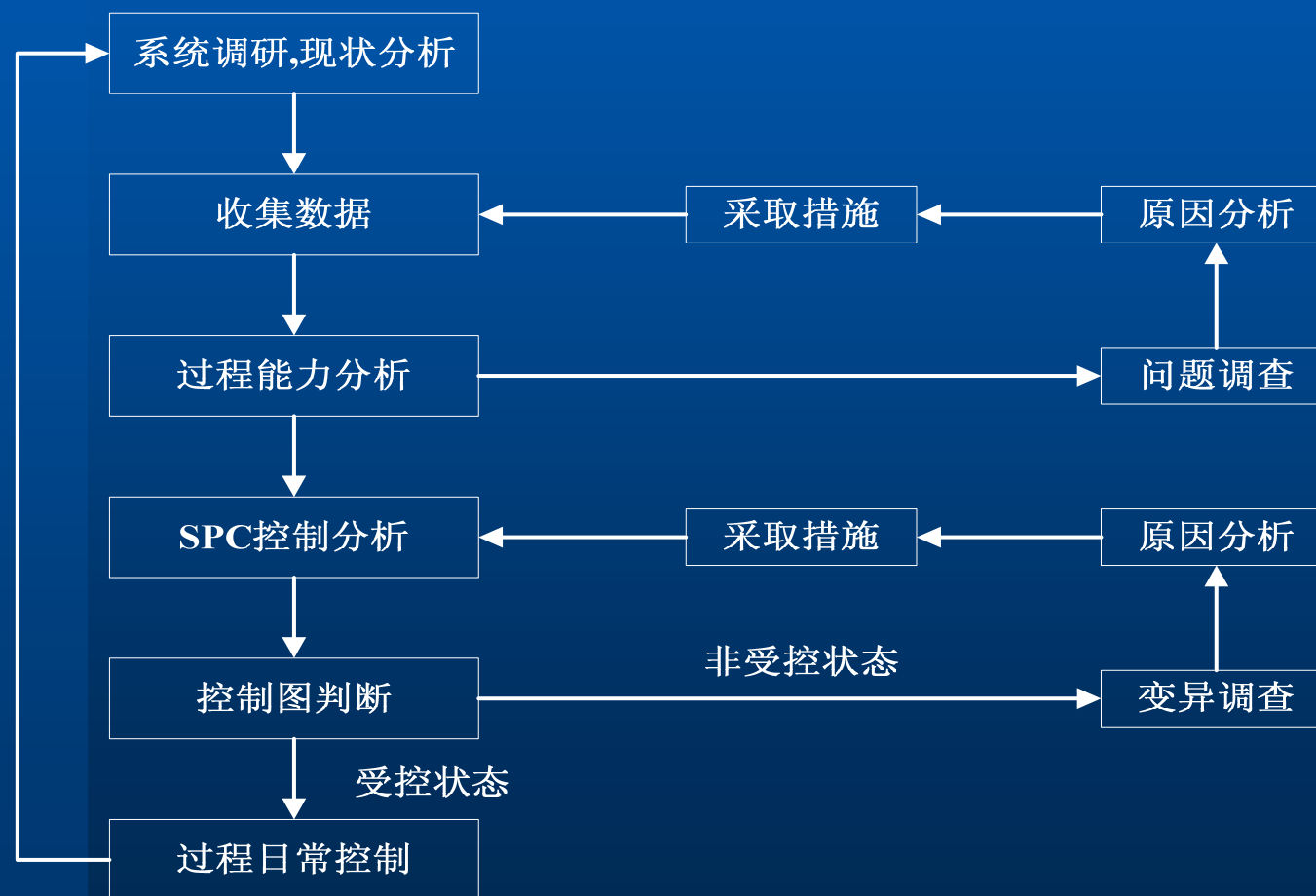
1、过程控制的含义

过程控制就是维持工作长期处于稳定状态的活动。具体说，就是根据产品的工艺要求，安排合适的工人和配置适当的设备，组织有关部门密切配合，根据产品质量波动的规律，判断过程异常因素所造成的便宜，并采取各种措施保证产品达到技术要求的活动。

2、过程控制的内容

- 对生产条件的控制
- 对关键工程的控制
- 计量和测试的控制
- 不合格品控制

3、过程控制的程序



第二节

过程能力

一、过程能力

1、过程能力的概念

一般来说，过程能力泛指一个过程的再生能力，即在每一周期里都能重复其成果的能力。在制造过程中，过程能力是指处于稳定状态下的过程的实际加工能力。当过程处于稳定状态时，一般用产品质量特性值的变异程度来表示过程能力。

2、对于过程能力的理解

- 过程能力和资源的关系
- 过程能力和人的关系
- 分析过程能力的意义
- 过程能力的测定方法

二、过程能力指数

1、过程能力的指数的概念

所谓过程能力指数是指过程质量要求与过程能力的比值，常用Cp来表示。

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

式中T为产品的技术要求或者质量标准

2、过程能力指数的计算

(1) 计量值的过程能力指数的计算

- 双侧公差且分布中心和标准中心重合的情况
- 双侧公差且分布中心和标准中心不重合的情况
- 单侧公差情况下 C_p 值的计算

(2) 计件值过程能力指数的计算

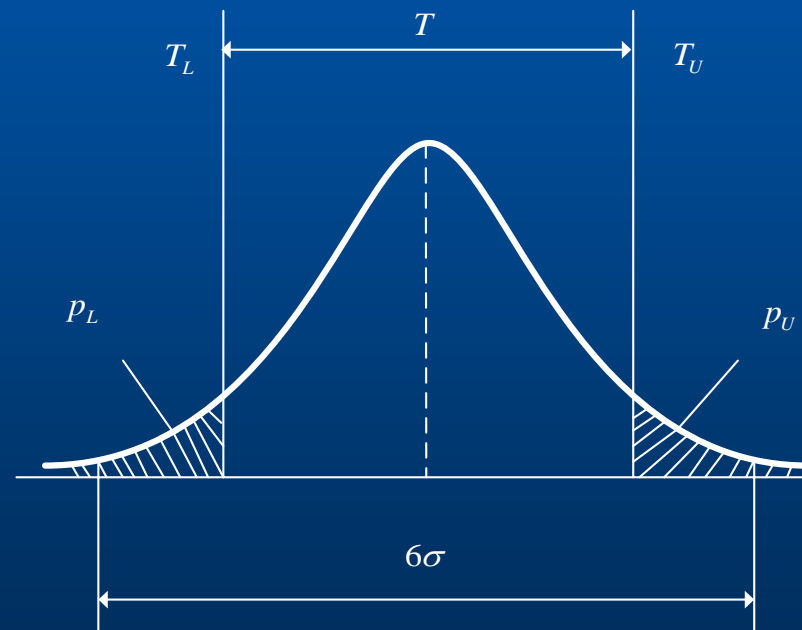
所谓计件值是以“件”为单位统计不合格产品的数据

(3) 极值过程能力指数的计算

所谓计点值是指单位产品上的缺陷数

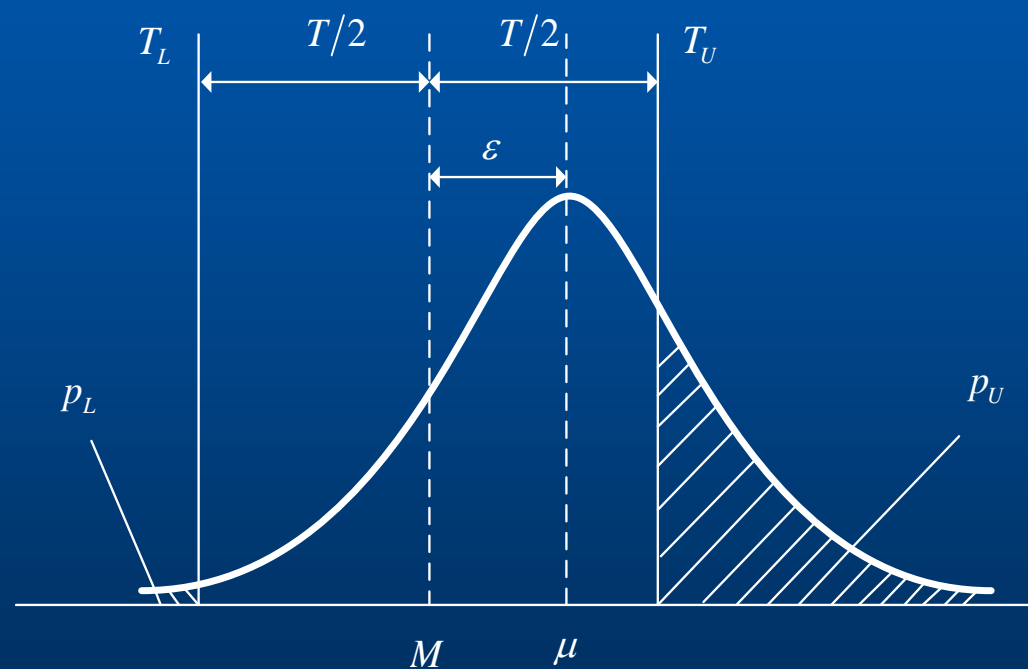
三、过程不合格品率的计算

1、分布中心和标准中心重合的情况



$$p = p_U + p_L = 2[1 - \Phi(3C_p)] = 2\Phi(-3C_p)$$

2、分布中心和标准中心不重合的情况



$$p = p_L + p_U = 2 - \Phi[3C_p(1 + K)] - \Phi[3C_p(1 - K)]$$

四、过程能力分析

1、过程能力的综合评定

- 关键质量特性过程能力综合评定
- 重要质量特性过程能力综合评定
- 一般质量特性过程能力综合评定

2、过程能力处置

(1) 过程能力指数过大的处置方法

- 降低过程能力
- 提高质量标准

(2) 过程能力指数过小时的处置方法

- 调整过程加工的分布中心，减少偏移量
- 提高过程能力，减少分散程度
- 适当放宽标准范围

五、过程性能和过程性能指数

1、过程性能和过程性能指数的概念

当一个过程已达到稳定，且能符合短期的要求，那么就应该进行长期过程能力指数的研究。长期过程能力指数称为过程性能指数，记为 P_p, P_{pk} 。

2、过程性能指数的计算方法

- 无偏移过程性能指数得计算公式为 $P_p = \frac{T}{6S}$
- 无偏移上单侧过程性能指数的计算公式为 $P_{pu} = \frac{T_U - \mu}{3S}$
- 无偏移下单侧过程性能指数的计算公式为 $P_{pl} = \frac{\mu - T_L}{3S}$
- 实际过程性能指数的计算公式为 $P_{pk} = P_p(1 - K)$

3、过程性能指数和过程能力指数的区别

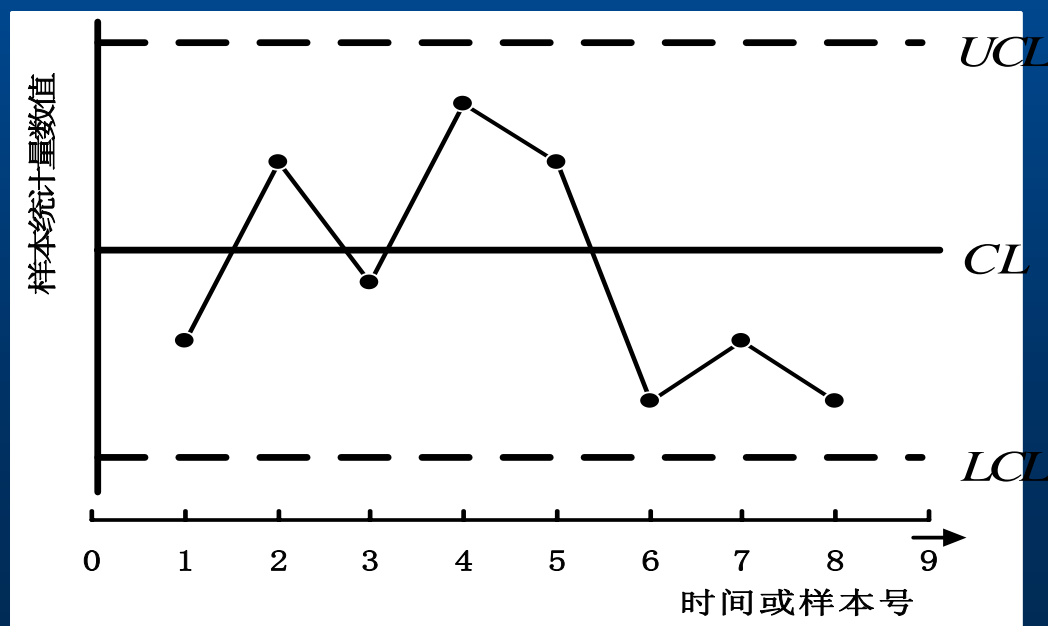
- ① 主要区别在于总体标准差的估计方法的不同；
- ② 另一个重要区别在于过程性能指数反映是当前的过程能力是否满足技术要求的程度，并不要求过程稳定。

第三节 过程控制图

一、控制图的基本原理

1、控制图概述

(1) 控制图的基本形式

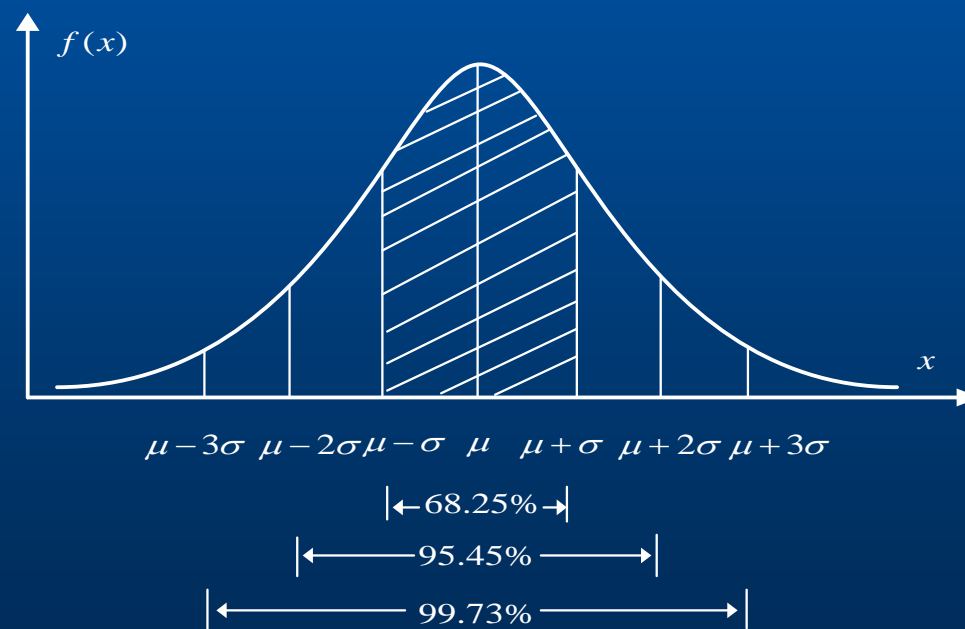


(2) 控制图的作用

- 能及时发现生产过程中的异常现象和缓慢变异，预防不合格品发生；
- 能有效地分析判断生产过程质量的稳定性；
- 可查明设备和工艺手段的实际精度，以便做出正确的技术决定；
- 使生产成本和质量成为可预测的参数。

2、控制图的统计原理

(1) 3sigma原理



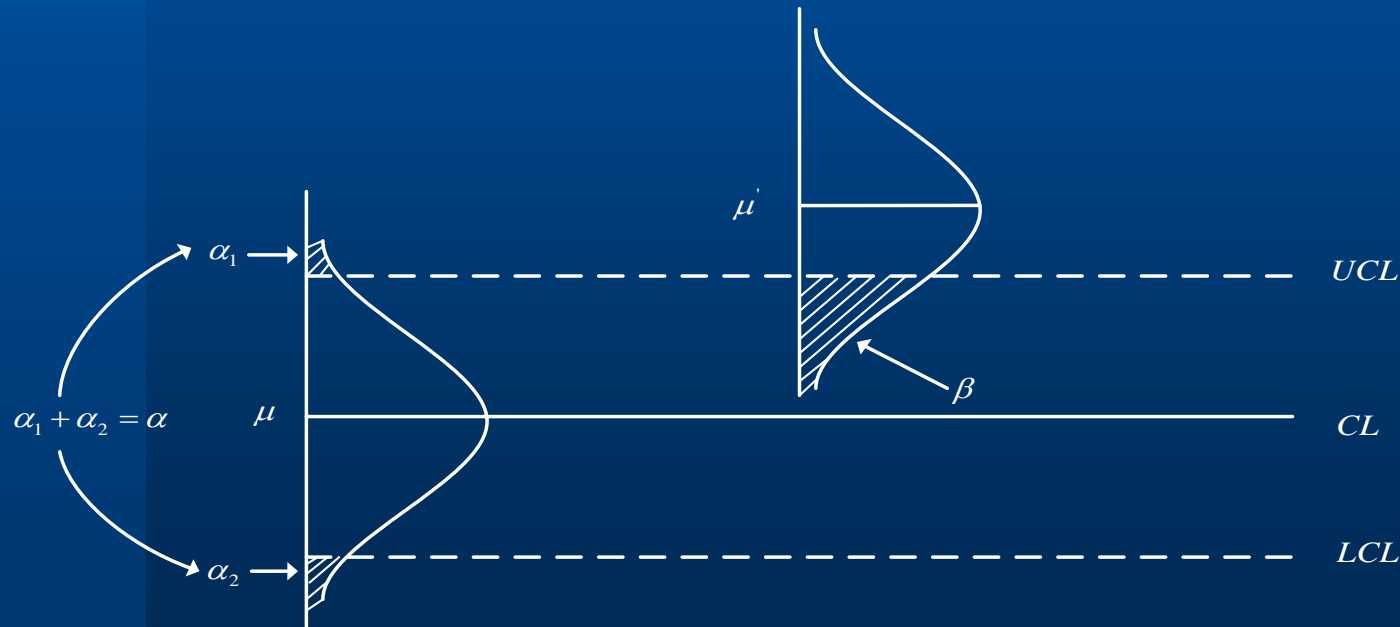
(2) 控制图控制界限的确定

控制界限的一般公式为：

$$\begin{cases} UCL = E(x) + 3\sigma(x) \\ LCL = E(x) - 3\sigma(x) \\ CL = E(x) \end{cases}$$

3、两类错误

根据控制图的控制界限所作的判断可能发生错误，这种错误有两类：第一类错误是将正常的过程判为异常；第二类错误是将异常判为正常。



4、控制图的分类

- 根据控制图控制的数据不同，控制图可以分为两大类，即计量值控制图和计数值控制图
- 根据控制图的用途和应用场合不同，控制图又分为分析用控制图和管理用控制图

5、过程控制图的应用程序

具体步骤如下：

- (1) 确定样本组；
- (2) 确定抽样方法；
- (3) 搜集预备数据作分析用控制图；
- (4) 稳定状态的判断；
- (5) 同标准对比；
- (6) 诊断和采取调节措施；
- (7) 转化为控制用控制图进行日常控制；
- (8) 控制界限的再计算。

二、常规控制图的应用方法

1、计量值控制图

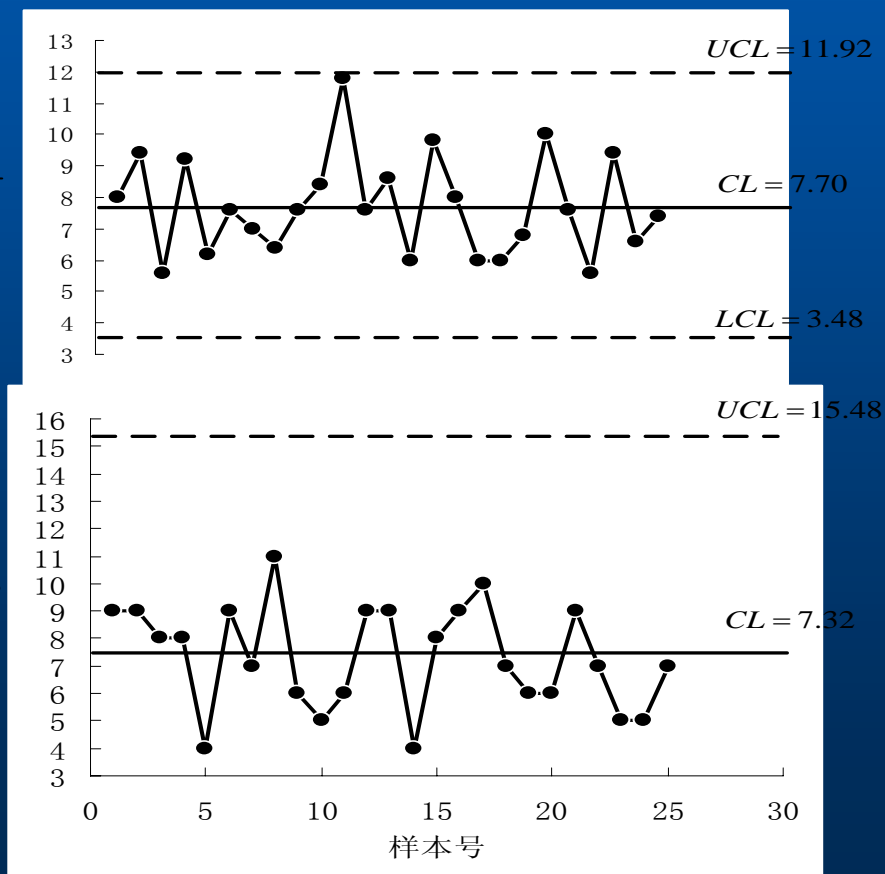
(1) 平均值和极差控制图

平均值

$$\begin{cases} UCL = \mu + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + 3\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \\ LCL = \mu - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - 3\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \\ CL = \bar{\bar{x}} \end{cases}$$

极差值

$$\begin{cases} UCL = d_2\sigma + 3d_3\sigma = (1 + 3\frac{d_3}{d_2})\bar{R} = D_4\bar{R} \\ LCL = d_2\sigma - 3d_3\sigma = (1 - 3\frac{d_3}{d_2})\bar{R} = D_3\bar{R} \\ CL = \bar{R} \end{cases}$$



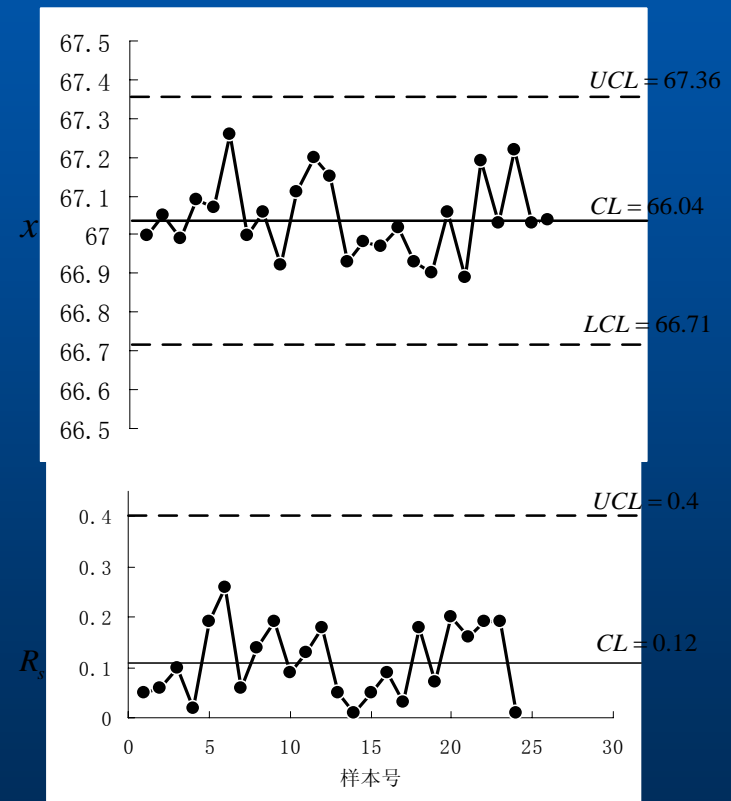
(2) 单值和移动极差控制图

单值

$$\begin{cases} UCL = \mu + 3\sigma = \bar{x} + 3 \times \frac{\bar{R}_s}{1.128} = \bar{x} + 2.66\bar{R}_s \\ LCL = \mu - 3\sigma = \bar{x} - 3 \times \frac{\bar{R}_s}{1.128} = \bar{x} - 2.66\bar{R}_s \\ CL = \bar{x} \end{cases}$$

移动差

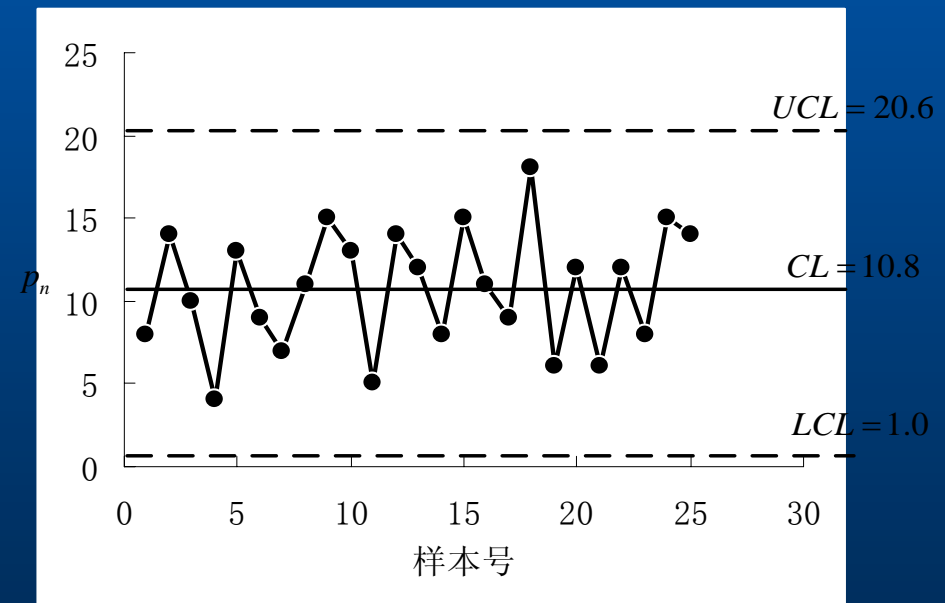
$$\begin{cases} UCL = \mu + 3\sigma = \bar{R}_s + 3 \times 0.853 \times \frac{\bar{R}_s}{1.128} = 3.27\bar{R}_s \\ LCL = \mu - 3\sigma = \bar{R}_s - 3 \times 0.853 \times \frac{\bar{R}_s}{1.128} = -, \text{取作} 0 \\ CL = \bar{R}_s \end{cases}$$



2、计数值控制图

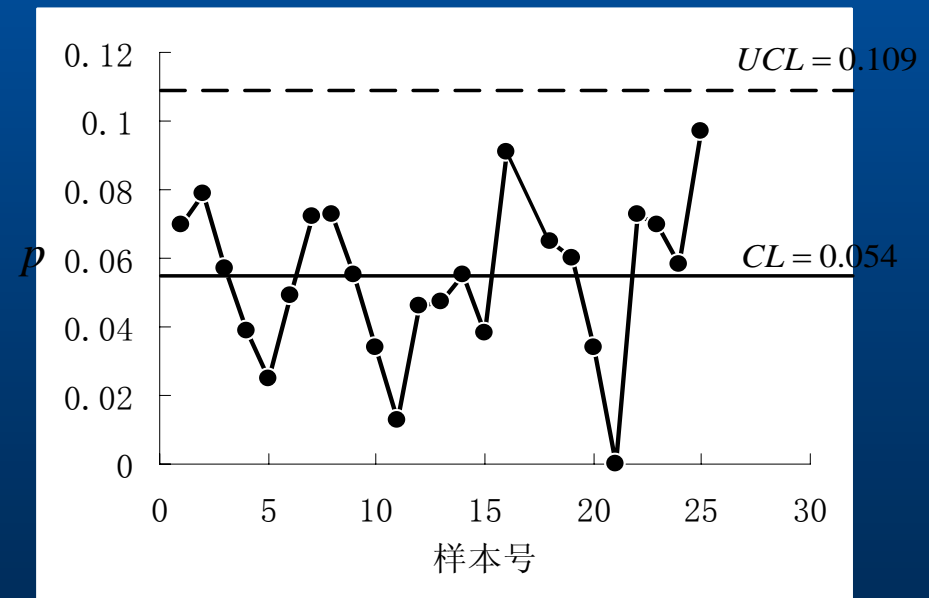
(1) 计件不合格品数控制图

$$\begin{cases} UCL = \mu + 3\sigma = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ LCL = \mu - 3\sigma = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ CL = n\bar{p} \end{cases}$$



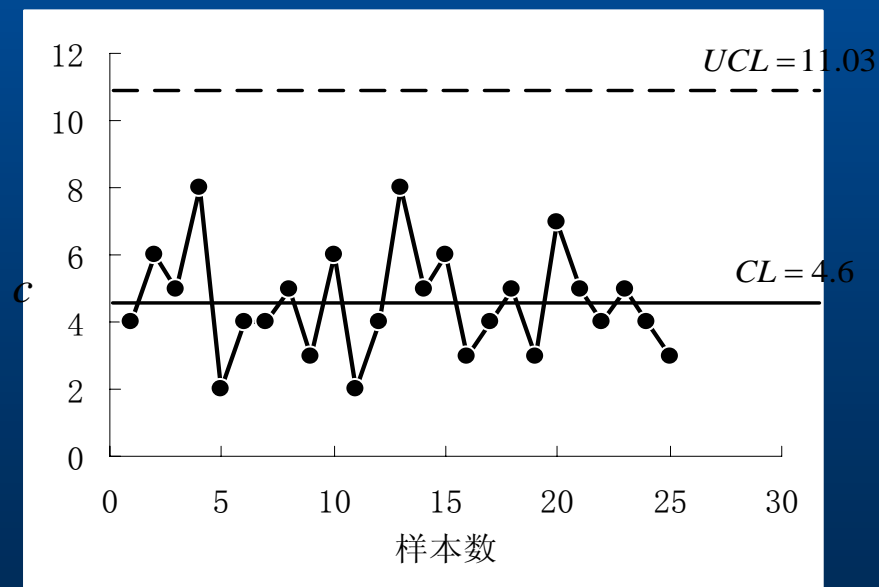
(2) 计件不合格品率控制图

$$\begin{cases} UCL = \mu + 3\sigma = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \\ LCL = \mu - 3\sigma = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \\ CL = \bar{p} \end{cases}$$



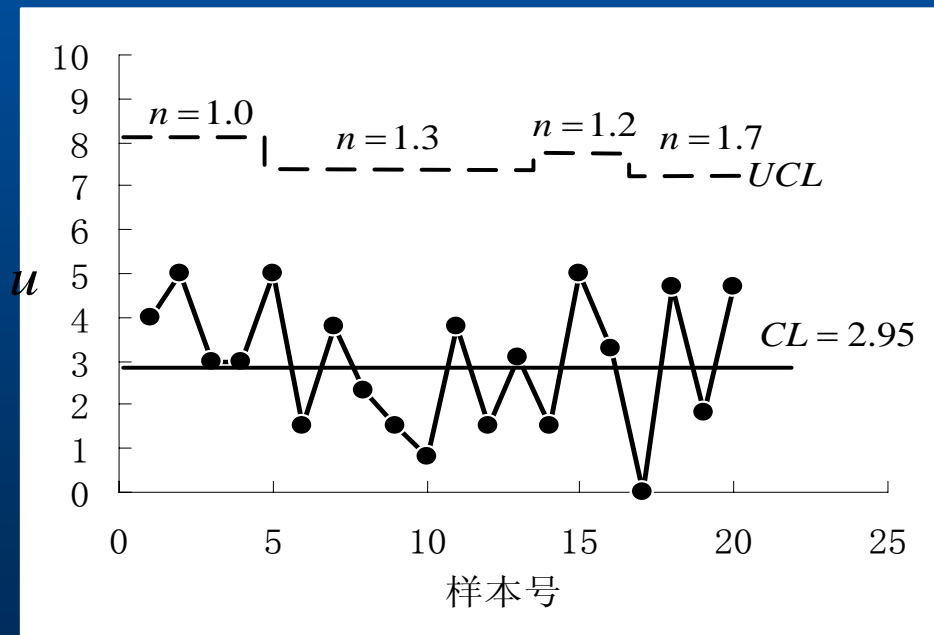
(3) 计数缺陷数控制图

$$\begin{cases} UCL = \mu + 3\sigma = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\ LCL = \mu - 3\sigma = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \\ CL = \bar{c} \end{cases}$$



(4) 计数单位缺陷数控制图

$$\left\{ \begin{array}{l} UCL = \mu + 3\sigma = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \\ LCL = \mu - 3\sigma = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \\ CL = \bar{u} \end{array} \right.$$



三、控制图的判断准则

1、控制图的设计思想

控制图的设计思想是先确定第一类错误的概率，然后再根据第二类错误的概率的大小来考虑是否需要采取必要的措施。

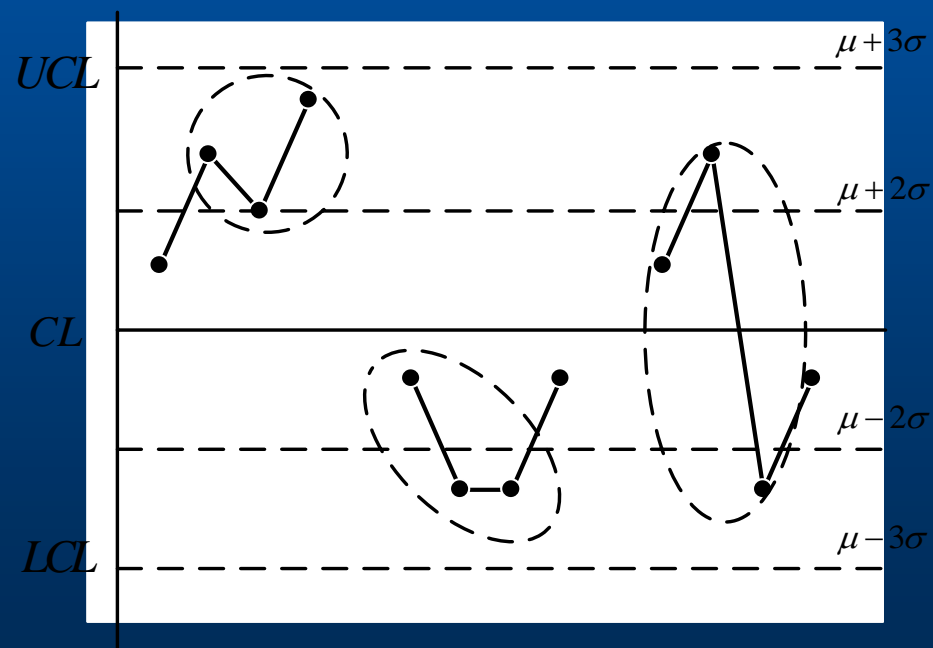
判断异常的准则就是两大类：①点子出界判断异常；②界内点排列不随机判断异常。

2、判断稳态的准则

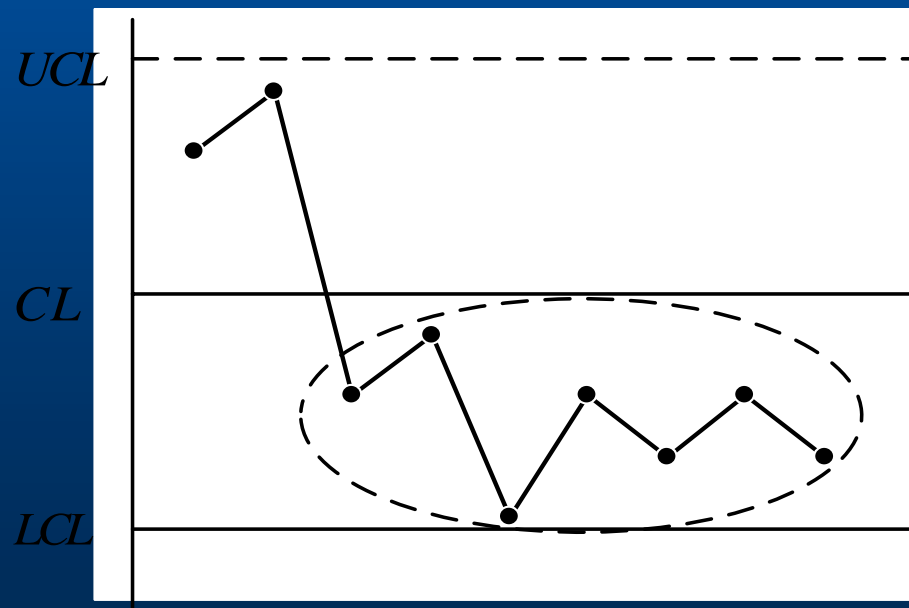
- 连续25个点子都在控制界限内
- 连续35个点子至多1个点子落在控制界限外
- 连续100个点子至多2个点子落在控制界限外

3、判断异常的标准

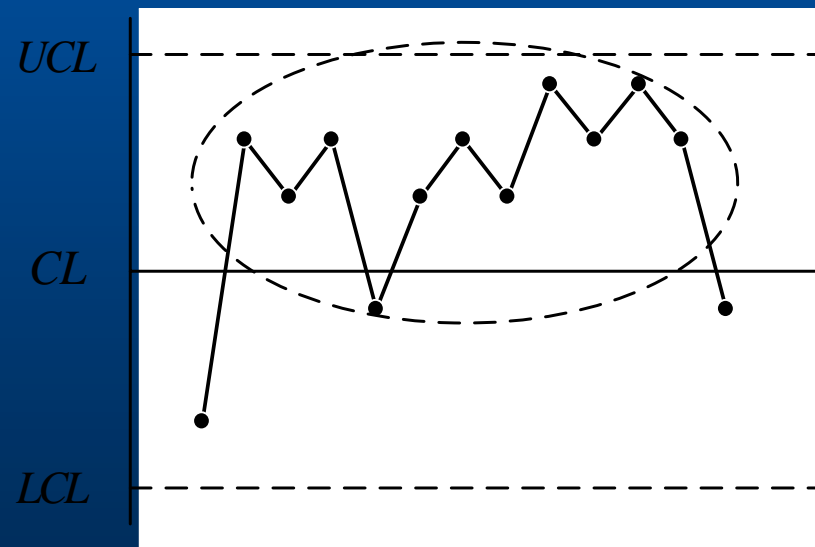
模式1：点子屡屡接近控制界限



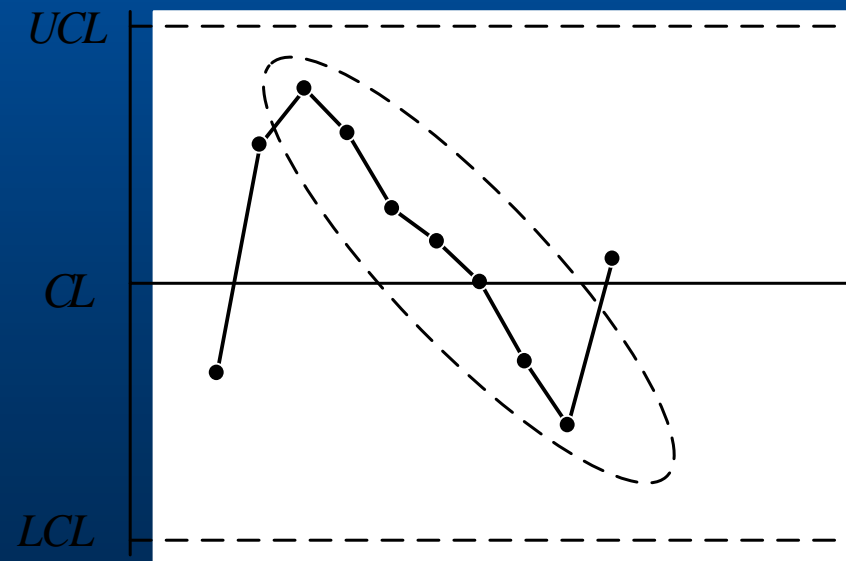
模式2：链



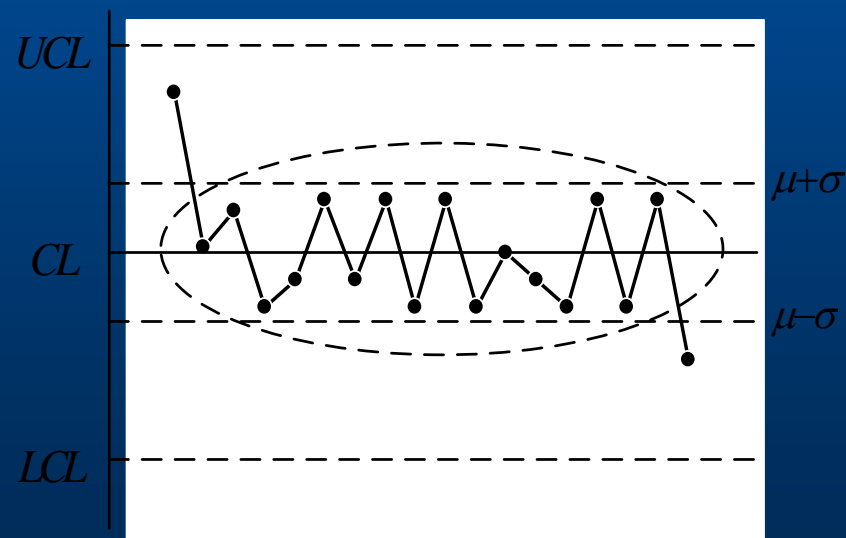
模式3：间断链



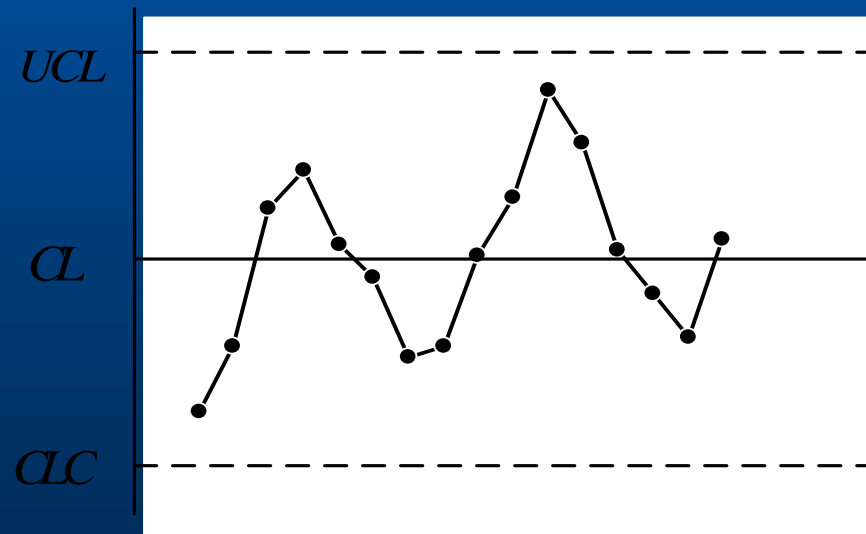
模式4：单调链



模式5：点子集中在中心线附近



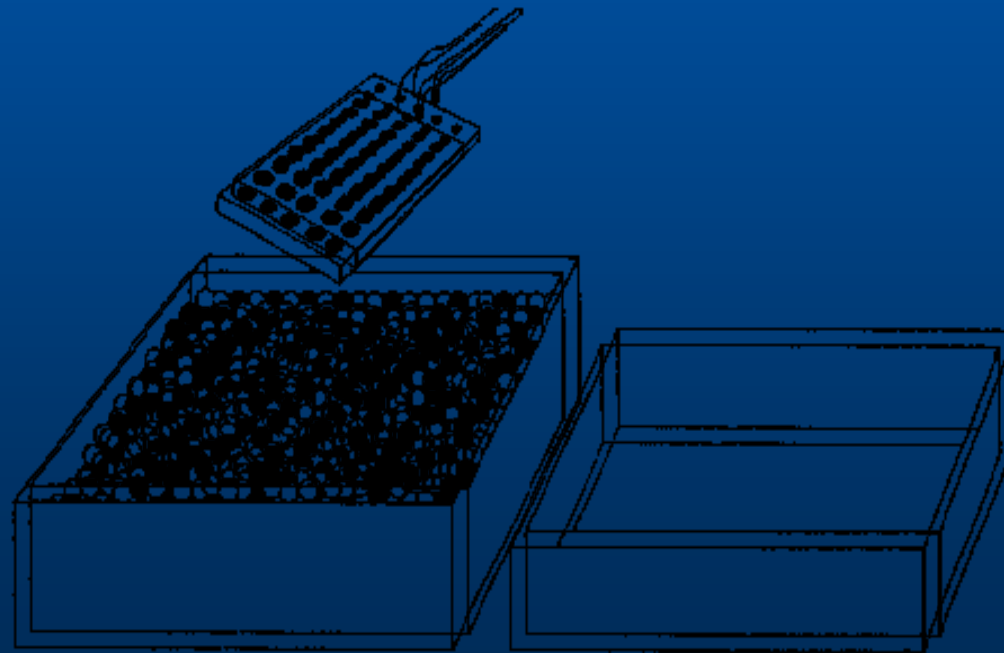
模式6：点子呈现周期性变化



第四节

红珠实验和漏斗实验

一、红珠实验



苏秦主编, 现代质量管理学, 清华大学出版社

1、实验材料

- 4000粒木珠，直径大约3厘米，其中800粒为红色，3200粒为白色
- 一把有50个孔的勺子，要求能够用来盛起50粒木珠
- 两个长方形容容器，一大一小，容器的大小只要确保能放的下4000粒珠子和勺子

2、实验程序

根据建厂的需要，公司准备招收10名新员工，要求如下：

- 六名作业员
- 两名检验员
- 一名检验长
- 一名记录员

生产程序如下：

- ① 混合进料；
- ② 使用有50个孔的勺子取出珠子；
- ③ 检验；
- ④ 记录结果。

3、实验结果

作业人员姓名	日期					
	1	2	3	4	总和	5
Jeff	9	11	7	8	35	16 11
Dave	6	11	11	9	37	8 10
Tom	12	7	5	5	29	6 9
Dennis	11	10	13	9	43	
Marty	14	8	9	11	42	
Ann	4	11	12	12	39	
总和	56	58	57	54	225	60
平均数	9.3	9.5	9.5	9.4	37.5	

4、红珠实验的启示

- ① 实验本身来说是一个稳定的系统，工人的产出及其变异程度其实都是可以预测的；
- ② 所有的变异 均完全来自与过程本身；
- ③ 员工其实是过程的牺牲品，他们完全受到过程的支配；
- ④ 过程改进的责任在于管理层。

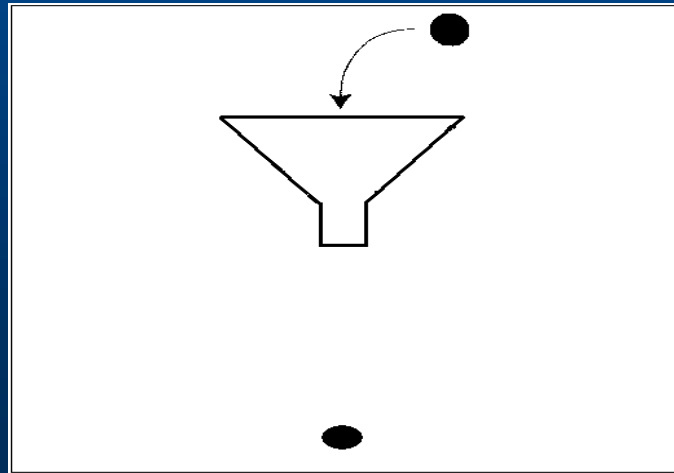
二、漏斗试验

1、实验材料

- 漏斗一个
- 一粒可以通过漏斗的弹珠
- 一张桌子

2、实验程序

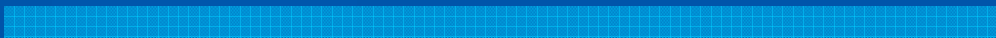
首先在桌子上标出一点作为目标，我们按照以下规则让弹珠从漏斗中通过，以便击中目标。





规则1：将漏斗口瞄准目标点。保持这个状态，将弹珠由漏斗口落下50次，然后在弹珠每次的静止的位置作记号。

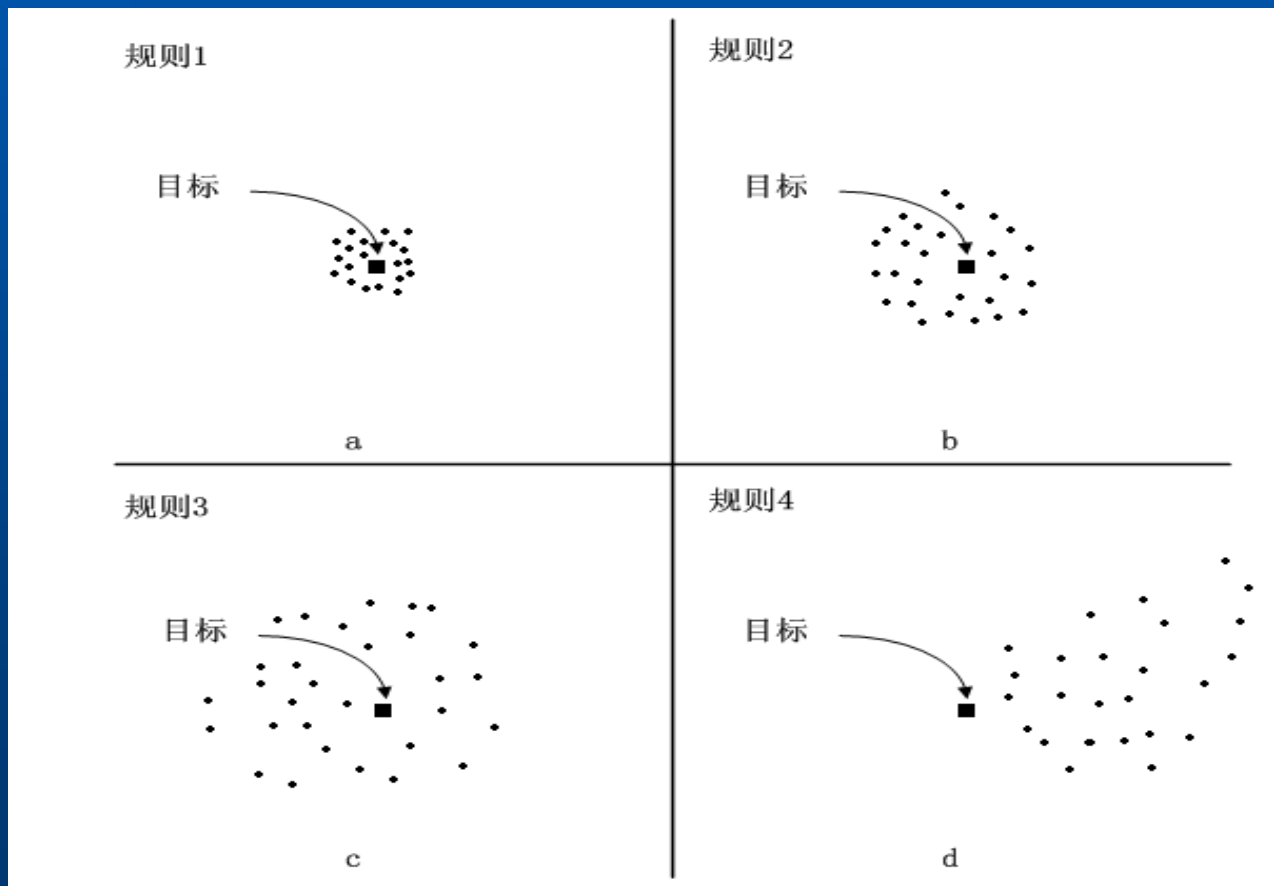
规则2：根据每次弹珠落下后的静止位置与目标位置的差距，将漏斗由现有的位置移动，以弥补前次的偏差（小量调整法）。



规则3：每次弹珠落地后调整漏斗位置，但以目标点作为移动的参考点。按照落点与目标的差距，把漏斗移往与目标点等距但相反方向的位置，以弥补前次的误差（极端调整法）。

规则4：在每次弹珠落地之后，就将漏斗移至该静止点之上（向上看齐法）。

3、试验结果



第五节

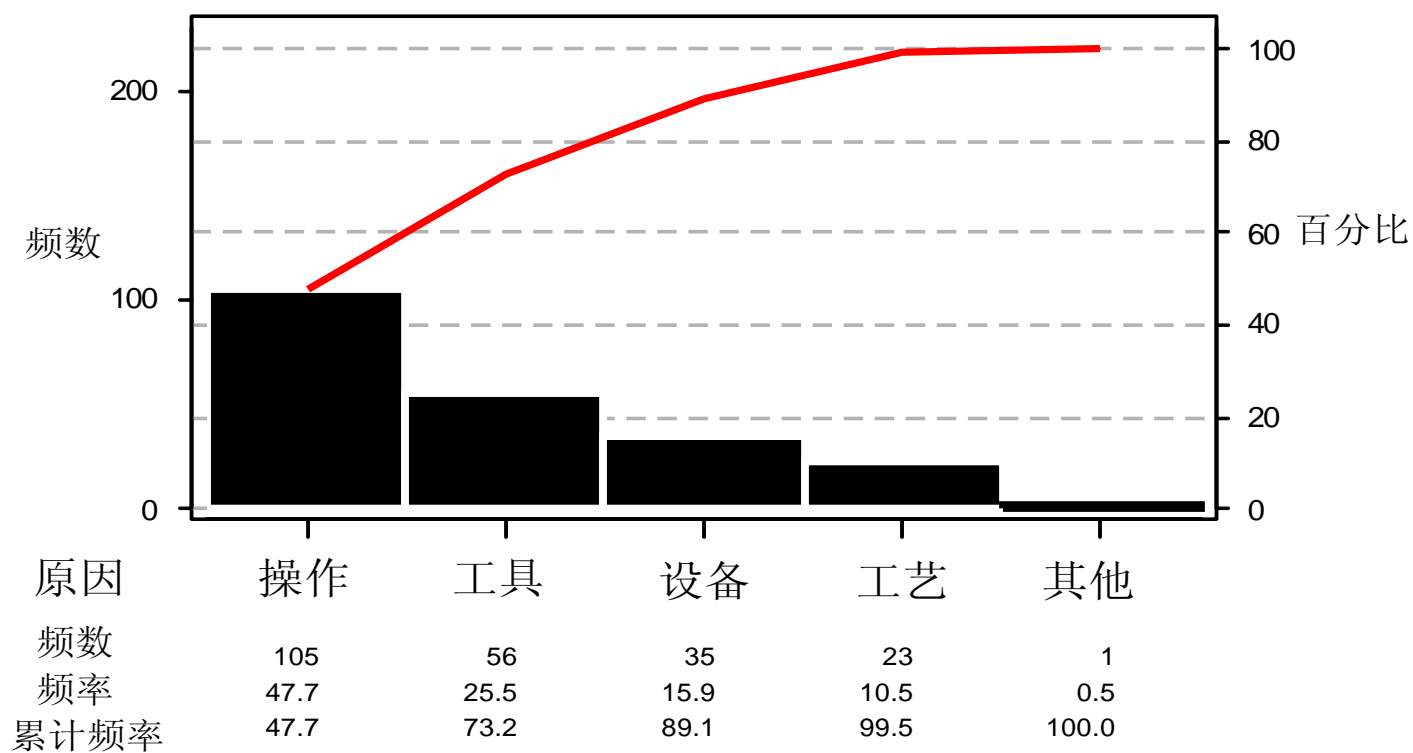
过程控制常用工具

一、排列图

1、排列图的概念

排列图的全称是“主次因素排列图”，也称为Pareto图。它是用来寻找影响产品质量的各种因素中主要因素的一种方法。

2、排列图的格式



3、排列图的作图步骤

- (1) 按排列图的作图要求将各种原因进行重新排列；
- (2) 计算各排列原因所占百分比（频率）；
- (3) 计算各排列原因所占累计百分比（累计频率）；
- (4) 根据各种原因的统计数（频数）画出直方图；
- (5) 根据各排列原因所占累计百分比画出排列图中的排列线。

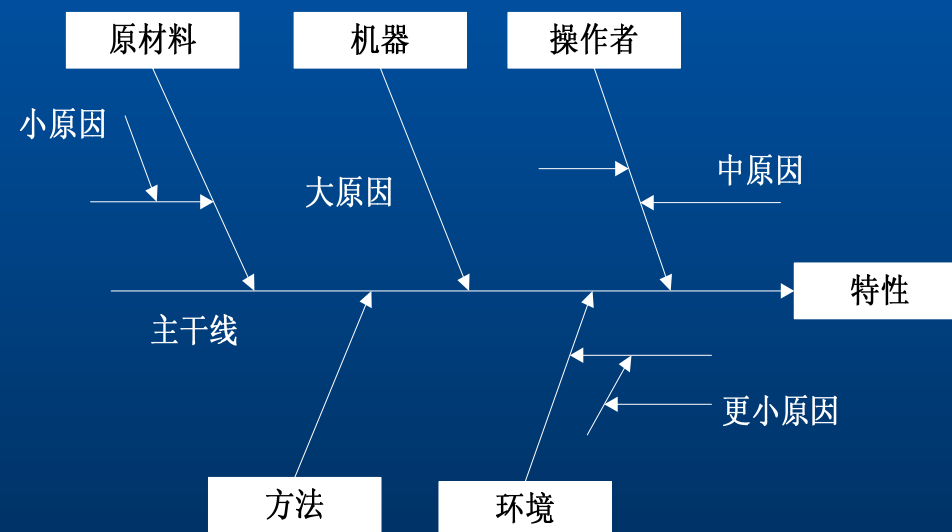
二、因果图

1、因果图的概念

因果图又叫鱼骨图，是一种分析质量特性（结果）与影响质量特性的因素（原因）之间关系的图。它是已故日本质量管理学者石川馨首先提出来的，故也称为石川图。

2、因果图的格式

- 特性
- 原因
- 枝干

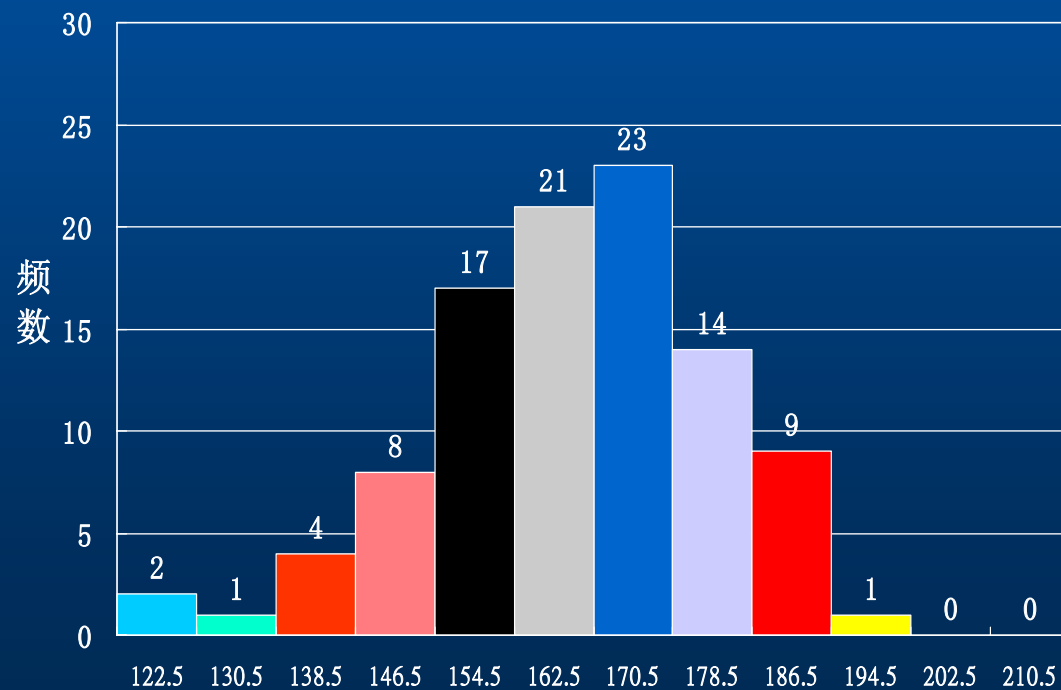


3、因果图的作图步骤

- (1) 确定质量特性（结果）；
- (2) 组织讨论，尽可能找出可能会影响结果的所有因素；
- (3) 找出各因素之间的因果关系；
- (4) 根据对结果影响的程度，将对结果有显著影响的重要原因用明显的符号标示出来；
- (5) 记载必要的有关事项，如因果图的标题、制图者、时间及其他备查事项。

三、直方图

1、直方图的概念

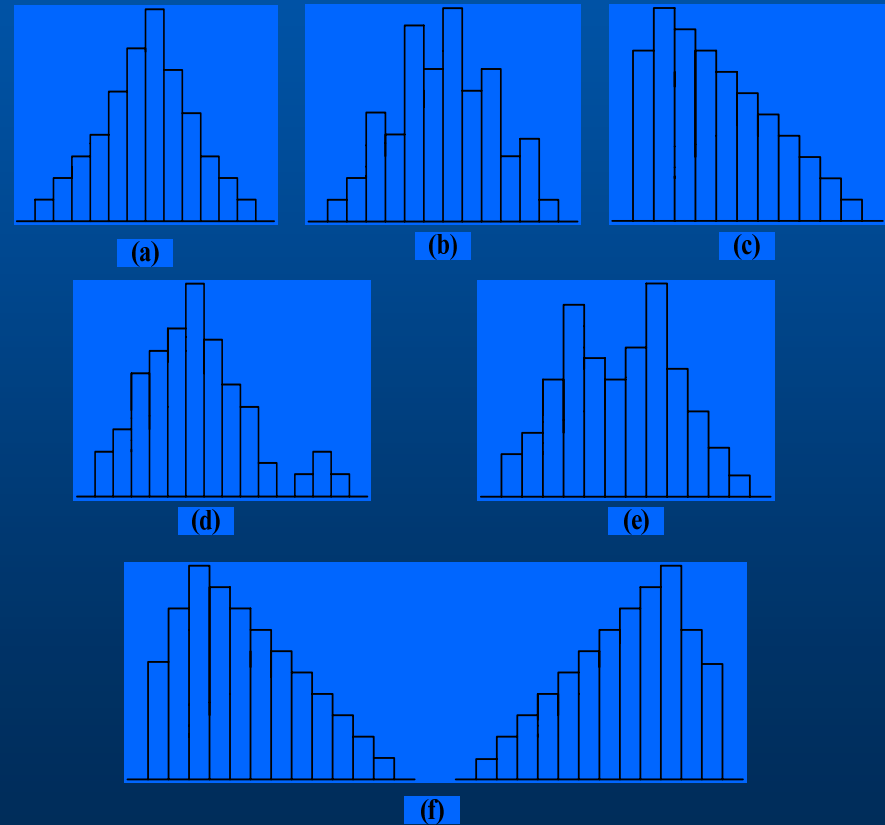


2、直方图的作用

- (1) 比较直观地反映出质量特性分布状态，便于及时掌握质量分布状况和判断一批已加工完毕的产品质量；
- (2) 考察过程能力，估计生产过程的不合格率，了解过程能力对产品质量的保证情况；
- (3) 可以用来提高人们的质量意识。

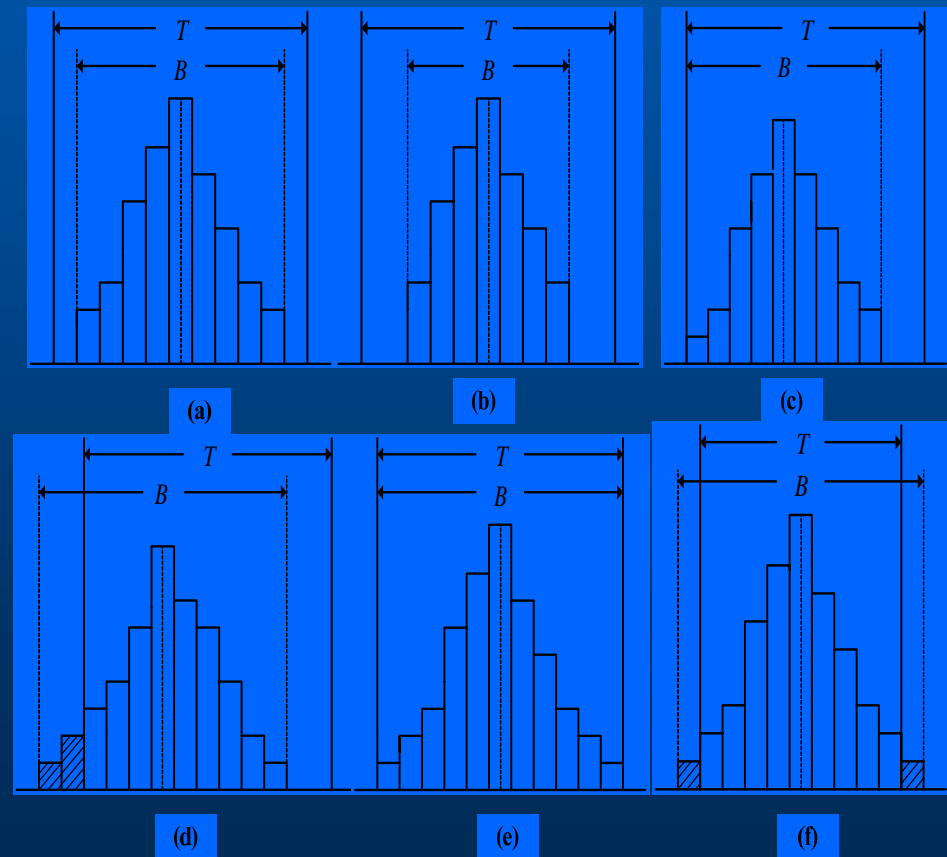
3、直方图的形状分析

- 标准型：如 (a)
- 锯齿型：如 (b)
- 陡壁型：如 (c)
- 孤岛型：如 (d)
- 双峰型：如 (e)
- 偏峰型：如 (f)



4、直方图与质量标准比较

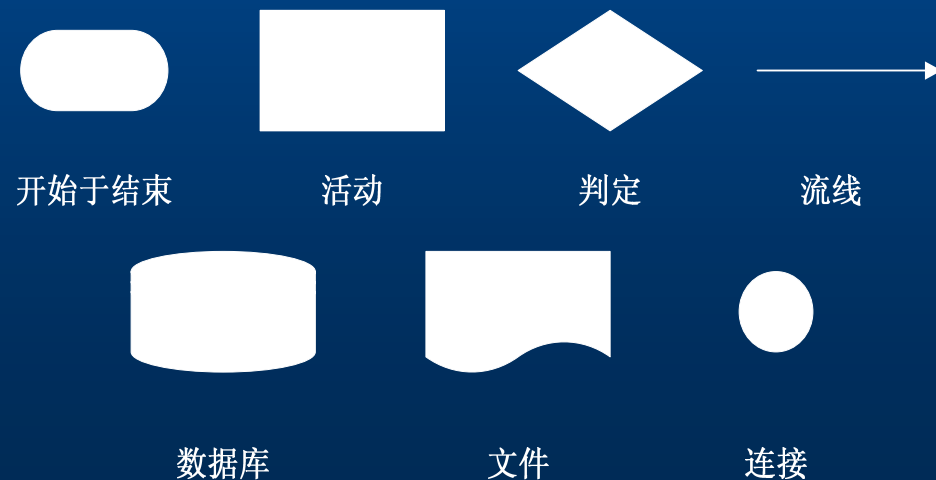
- 理想状况
- 余量过剩的状况
- 单侧无余量的状况
- 单侧超差的状况
- 双侧无余量的状况
- 双侧超差的状况



四、流程图

1、流程图的概念

流程图是一种通过显示构成过程的步骤、事件和操作（按时间顺序），以简单、主观的方式定义过程的工具。



2、流程图的形式

- 上下流程图
- 矩阵流程图
- “前后”流程图

3、对流程图的分析

- 调查每个判定符号
- 调查每个循环
- 调查每个活动
- 调查每个文件或数据库

五、KJ法

1、KJ法的概念

所谓KJ法就是将未知的问题、未曾接触过的领域的问题的相关事实、意见或设想之类的语言文字资料收集起来，并利用其内在的相互关系作成归类合并图即亲和图，以便从复杂的现象中整理出思路抓住实质，找出解决问题的途径的一种方法。

2、KJ法的主要用途

- 归纳思想，认识新事物
- 打破现状，提出新的创意
- 协调和统一认识
- 贯彻方针

六、矩阵图法

1、矩阵图法的含义

矩阵图法是把与问题有关的各个成对因素排列成一个矩阵，然后根据矩阵图进行分析，找到关键点。

2、矩阵图法的主要用途

3、矩阵图的应用程序

七、检查表

检查表又称为调查表或分析表，是用表格形式来进行数据整理和粗略分析的一种方法。常用的检查表有不合格项检查表和缺陷位置检查表。

八、散布图

散布图又名散点图或相关图，是用来分析研究两个对应变量之间是否存在相关关系的一种作图方法。

散布图的作法就是把由实验或观测得到的统计数据用点在平面上表示出来即可。

散布图的六种典型形状

