

控制图是由美国质量管理专家休哈特发明的一种工序质量控制工具。该工具应用于工序（或过程）质量控制，可以预防废次品的产生，控制和提高零部件的制造质量，在质量管理方面是重要的应用工具，一直在质量管理中发挥着重要作用。本章介绍控制图的基本概念、控制图的应用、控制图的观察和分析，以及控制图的两类错误和检出率。

### 第一节 控制图的基本概念

#### 一、控制图的基本形式和基本功能

##### 1. 控制图的基本形式

控制图是用来分析和判断生产过程是否处于稳定状态的一种统计工具，它通过监视生产过程中产品质量随时间波动的动态信息，判断发现工艺过程中出现的异常因素，并采取相应的控制措施，使工艺过程的质量状态得到良好的控制。控制图是美国质量管理专家休哈特在 1924 年首创的，经过近 80 年的不断发展和完善，到今天已成为过程质量控制的主要方法之一（当然也可用于服务过程的质量控制）。

控制图的基本形式如图 7-1 所示，它由平面直角坐标系构成。纵坐标表示被控制的质量特性值；横坐标为时间，横坐标的时间刻度为样本号。控制图在应用过程中，必须按确定的时间间隔抽样检验（或全检），获取过程的变化信息，正因为如此，控制图能反映出过程质量数据随时间变化的信息，这也是控制图与其他统计工具的区别所在。控制图中设有三条平行于横轴的控制界限。中间一条实线为控制中心线，简称中线，符号记为 CL（Central Line），上下两条虚线分别为上控制界限 UCL（Upper Control Limit）和下控制界限 LCL（Lower Control Limit）。利用控制图进行工序质量控制时，首先通过

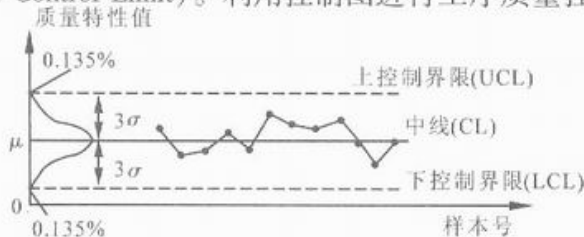


图 7-1 控制图的基本形式



# 全国Mini-MBA职业经理双证班



精品课程 权威双证 全国招生 请速充电

你可能准备跳槽或者求职, 却为缺少行业经验和专业证书而被用人单位百般挑惕!

你可能目前衣食无忧, 但随着年龄的增长和社会竞争压力的增大, 因为得不到专业的全新培训而失去竞争的机会和面临被淘汰的危机。

美华教育携手中国经济管理大学面向全国举办迷你 MBA 职业经理双证书班, 毕业颁发双证书。

## 招生专业及其颁发证书

认证项目	颁发双证	学费
全国《职业经理》MBA 高等教育双证书班	高级职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《人力资源总监》MBA 双证书班	高级人力资源总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修证书	1280 元
全国《生产经理》MBA 高等教育双证班	高级生产管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《品质经理》MBA 高等教育双证班	高级品质管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《营销经理》MBA 高等教育双证班	高级营销经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《物流经理》MBA 高等教育双证班	高级物流管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《项目经理》MBA 高等教育双证班	高级项目管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《市场总监》MBA 高等教育双证书班	高级市场总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《酒店经理》MBA 高等教育双证班	高级酒店管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《企业培训师》MBA 高等教育双证班	企业培训师高级资格认证毕业证书+2 年制 MBA 高等教育研修证书	1280 元
全国《财务总监》MBA 高等教育双证班	高级财务总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《营销策划师》MBA 双证书班	高级营销策划师高级资格认证证书+2 年制 MBA 高等教育研修证书	1280 元
全国《企业总经理》MBA 高等教育双证班	全国企业总经理高级资格证书+2 年制 MBA 高等教育研修结业证书	1280 元
全国《行政总监》MBA 高等教育双证班	高级行政总监职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《采购经理》MBA 高等教育双证班	高级采购管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《医院管理》MBA 高等教育双证班	高级医院管理职业经理资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元
全国《企业管理咨询师》MBA 双证班	高级企业管理咨询师资格证书+2 年制 MBA 高等教育结业证书	1280 元



### 【授课方式】 全国招生、函授学习、权威双证

我校采用国际通用3结合的先进教育方式授课（远程函授+教学电子光盘自修+网络学院持续视频学习）



### 【颁发证书】 学员毕业后可以获取权威双证书与全套学员学籍档案

- 1、毕业后可以获取相应专业钢印《高级职业经理资格证书》；
- 2、毕业后可以获取2年制的《MBA研究生课程高等教育研修结业证书》；



### 【证书说明】

1. 证书加盖中国经济管理大学钢印和公章（学校官方网站电子注册查询、随证书带整套学籍档案）；
2. 毕业获取的证书与面授学员完全一致，无“函授”字样，与面授学员享有同等待遇，证书是学员求职、提干、晋级的有效证明；。



### 【学习期限】 3个月（允许有工作经验学员提前毕业，毕业获取证书后学校仍持续辅导2年）



### 【收费标准】 全部费用1280元（含教材光盘、认证辅导、注册证书、学籍注册等全部费用）

函授学习为你节省了大量的宝贵的学习时间以及昂贵的MBA导师的面授费用，是经理人首选的学习方式。



### 【招生对象】

- 1、对管理知识感兴趣，具有简单电脑操作能力（有2年以上相应工作经验者可以申请提前毕业）。
- 2、年龄在20—55岁之间的各界管理知识需求者均可报名学习。



### 【教程特点】

- 1、完全实战教材，注重企业实战管理方法与中国管理背景完美融合，关注学员实际执行能力的培养；
- 2、对学员采用1对1顾问式教学指导，确保学员顺利完成学业、胸有成竹的走向领导岗位；
- 3、互动学习（专家、顾问24小时接受在线咨询，第一时间回答学员的提问和咨询）



### 【考试说明】

1. 卷面考核：毕业试卷是一套完整的情景模拟试卷（与工作相关联的基础问卷）
2. 论文考核：毕业需要提交2000字的论文（学员不需要参加毕业论文答辩但论文中必修体现出5点独特的企业管理心得）
3. 综合心理测评等问卷。



### 【颁证单位】

中国经济管理大学经中华人民共和国香港特别行政区批准注册成立。目前中国经济管理大学课程涉及国际学位教育、国际职业教育等。学院教学方式灵活多样，注重人才的实际技能的培养，向学员传授先进的管理思想和实际工作技能，学院会永远遵循“科技兴国、严谨办学”的原则不断的向社会提供优秀的管理人才。



### 【承办单位】

美华管理人才学校是中国最早由教委批准成立的“工商管理MBA实战教育机构”之一，由资深MBA教育专家、教育协会常务理事徐传有教授担任学校理事长。迄今为止，已为社会培养各类“能力型”管理人才近10万余人，并为多家企业提供了整合策划和企业内训，连续13年被教委评选为《优秀成人教育学校》《甲级先进办学单位》。办学多年来，美华人独特的教学方法，先进的教学理念赢得了社会各界的高度赞誉和认可。



【咨询电话】13684609885 0451--88342620

【咨询教师】王海涛 郑毅

【学校网站】<http://www.mhjy.net>

【咨询邮箱】[xchy007@163.com](mailto:xchy007@163.com)



## 【报名须知】

- 1、报名登记表格下载后详细填写并发送邮件至 [xchy007@163.com](mailto:xchy007@163.com) (入学时不需要提交相片，毕业提交试卷同时邮寄4张2寸相片和一张身份证复印件即可)
- 2、交费后请及时电话通知招生办确认，以便于收费当日学校为你办理教材邮寄等入学手续。



## 【证书样本】(全国招生 函授学习 权威双证 请速充电)

(高级职业经理资格证书样本)

(两年制研究生课程高等教育结业证书样本)



## 【学费缴纳方式】可以选择以下任意一种方式缴纳学费

方式一	学校地址	邮寄地址：哈尔滨市道外区南马路 120 号职工大学 109 室 邮政编码：150020      收件人：王海涛
方式二	学校帐号	学校帐号：184080723702015 账号户名：哈尔滨市道外区美华管理人才学校 开户银行：哈尔滨银行龙江支行 支付系统行号：313261018018
方式三	交通银行 (太平洋卡)	帐号：40551220360141505      户名：王海涛 开户行：交通银行哈尔滨分行信用卡中心
方式四	邮政储蓄 (存折)	帐号：602610301201201234      户名：王海涛 开户行：哈尔滨道外储蓄中心
方式五	中国工商银行 (存折)	帐号：3500016701101298023      户名：王海涛 开户行：哈尔滨市道外区靖宇支行
方式六	建设银行帐户 (存折)	中国人民建设银行帐户 (存折)： 1141449980130106399 用户名：王海涛
方式七	农业银行帐户 (卡号)	农业银行帐户 (卡号)： 6228480170232416918 用户名：王海涛 农行卡开户银行：中国农业银行黑龙江分行营业部道外支行景阳支行

可以选择任意一种方式缴纳学费，建议使用第五种方式（中国工商银行，比较方便快捷）收到学费的当天，学校就会用邮政特快的方式为你邮寄教材和考试问卷。

<http://www.mhgy.net>





抽样检验,测量需要控制的质量特性值数据,并用点描在控制图相应的位置上,这样便得到一系列坐标点,再将这些点用线连接起来,就得到了一条能反映质量特性值随时间波动状况的折线。通过分析折线的形状和变化趋势以及折线与三条控制线之间的相互关系,便可知道工序的质量状态。

## 2. 控制图的基本功能

控制图的基本功能是利用抽样检验的样本数据去分析、判断工序的质量状态,以预防工序失控、减少工序波动和不合格品的产生,其作用主要有以下三点。

(1) 工序分析 利用控制图可以分析工序是否处于失控状态。在进行工序分析时,应按照抽样检验理论收集质量数据,绘制控制图,通过观察折线的形态和变化趋势,判断工序的质量状态。在实际应用中,这一过程应实现标准化和制度化。

(2) 控制工序质量状态 通过工序分析,若发现工序出现异常现象,应立即分析人员、机器、材料、操作程序、环境、测量仪器及测量方法等因素,查找发生异常的原因,并采取相应的控制措施,消除工序异常现象,从而使工序始终处于受控状态,以防止不良品的产生。

(3) 为质量评定积累数据 通过绘制控制图,可为质量评定、产品和工艺设计积累各种数据。

## 二、控制图的基本原理及上下控制界限值的计算

### 1. 控制图的基本原理

控制图中的上下控制界限是判断工艺过程或工序是否失控的主要依据。因此,在应用控制图工具时,如何经济、合理地确定上下控制界限便成为关键。如果上下界限之间的距离太近,则会增加控制的难度,并使废次品率提高;如果上下界限之间的距离太远,则难以保证产品的质量。在产品的正常生产过程中,如果工序处于稳定状态,即使有各种偶然性因素的影响,但产品总体的质量特性值还是呈正态分布的。根据正态分布曲线的性质,质量特性值在 $\mu \pm 3\sigma$ 范围内的概率值为99.73%,如果我们取 $\mu \pm 3\sigma$ 作控制图的上下控制界限,则产品质量特性值出现在 $3\sigma$ 界限以外的概率很小,只有0.27%,并在 $\mu \pm 3\sigma$ 范围能使99.73%的产品处于合格状态,从而使生产过程基本实现了受控目的。

### 2. 控制图控制界限值的计算

如图7-1所示,以质量特性值的平均值 $\mu$ (或 $\bar{x}$ )作为中线,取质量特性值的平均值加减 $3\sigma$ 作为上下控制界限,这样做出来的控制图称为 $\mu$ 控制

图,也就是休哈特博士最早提出来的控制图形式。在传统的工业企业中,人们一般按照  $\pm 3\sigma$  原理控制质量,可以保证不合格品率在千分之三以下,这时采用的控制图又称为  $3\sigma$  控制图。在  $3\sigma$  质量管理中,控制图的上下控制界限是根据  $\pm 3\sigma$  法来计算的,计算公式如下

**中心线**  $CL = \mu$

**上控制界限**  $UCL = \mu + 3\sigma$

**下控制界限**  $LCL = \mu - 3\sigma$

式中  $\mu$ ——质量特性的平均值。

控制界限更一般的表达式为

**上控制界限**  $UCL = E(X) + 3 \sqrt{D(X)}$

**下控制界限**  $LCL = E(X) - 3 \sqrt{D(X)}$

**中心线**  $CL = E(X)$

式中  $X$ ——样本统计量; $E(X)$ —— $X$  的平均值; $D(X)$ —— $X$  的方差。

### 三、控制图的分类

#### 1. 按控制图的用途分类

(1) 分析用控制图 利用控制图对已完成的生产过程进行分析,以此来评估该过程是否稳定,也可以用分析用控制图确认改进的效果。

(2) 控制用控制图 对正在进行的生产过程实施质量控制,以保持过程的稳定状态所采用的控制图。

从控制图原理可知,控制图的主要功能是使生产过程(或工序)处于稳定状态,因此,上述两种控制图在应用时,应先采用分析用控制图对要控制的生产过程(或工序)进行分析和诊断,当确认生产过程处于稳定受控状态时,再将分析用控制图的控制界限延长,转化为控制用控制图。

#### 2. 按控制对象的质量数据性质分类

常用的质量数据有计量值和计数值之分,因此,按质量数据的性质可将控制图分为计量值控制图和计数值控制图两大类。

(1) 计量值控制图 质量控制中常用的计量控制图有以下四种:

- 均值—极差控制图 ( $\bar{x} - R$  图)
- 均值—标准差控制图 ( $\bar{x} - S$  图)
- 中位数—极差控制图 ( $\tilde{x} - R$  图)
- 单值—移动极差控制图 ( $x - R_s$  图)

(2) 计数值控制图 质量控制中常用的计数值控制图有以下四种:

- 不合格品率控制图 ( $p$  图)



- 不合格品数控制图 ( $np$  图)
- 单位缺陷数控制图 ( $u$  图)
- 缺陷数控制图 ( $c$  图)

## 第二节 控制图的应用

### 一、应用控制图应考虑的问题

#### 1. 应用控制图的条件

控制图的控制对象可是产品的质量特性、质量指标或工艺过程的工艺参数等,但无论是哪类控制对象,均要符合以下三个条件方能实施有效的控制。

(1) 量化的描述 控制对象必须是能定量描述的数字数据。

(2) 数据分布的可重复性 控制对象的生产过程是稳定的,并且其质量数据所形成的分布状态是重复的,具有统计特征。

(3) 控制对象的单一性 通常一张控制图只能控制一个受控对象,若在某工序需要对两个或两个以上的质量特性进行控制时,则必须同时使用多张控制图,分别进行质量控制。

#### 2. 控制对象的选择

企业生产过程中的质量特性、质量指标、工艺参数很多,质量控制时,不可能一一进行控制,通常应选择主要的、对产品质量有较大影响的关键项目实施质量控制。

#### 3. 控制图类型的选择

当控制对象确定后,应根据控制对象的数据性质及样本状况选择适宜的控制图类型,图 7-2 所示为控制图类型的选择过程。

### 二、控制图的应用程序

应用控制图的程序如下。

**明确应用控制图的目的** 应用控制图时,应首先明确控制图的使用目的。通常应用控制图的目的有:发现工序异常点,追查原因并加以消除,使工序保持受控状态;对工序的质量特性数据进行时间序列分析,以掌握工序的质量状态。

**确定受控对象的质量特性** 确定受控对象的质量特性就是选出符合应用控制图目的、可控、易于评价的主要质量特性。如:对产品的使用效果有重大影响的质量特性;对下道工序加工质量有重大影响的质量特性;本工序的主要质量指标;生产过程中波动大的质量特性;与经济性、安全性和可靠性有



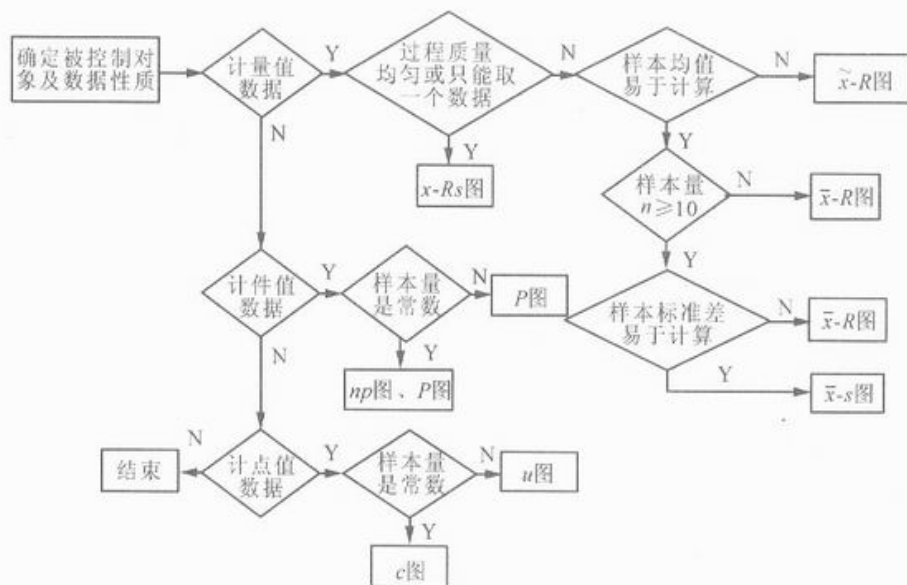


图 7-2 控制图类型的选择

重大影响的质量特性等。

**选择控制图类型** 控制图的类型要根据质量特性和质量数据的收集方式来决定，其选择过程如图 7-2 所示。

**绘制分析用控制图** 随机收集 20~25 个以上的样本，绘成控制图，描出质量波动折线，分析判断过程是否处于受控状态。如果判定过程处于受控状态，则转入下一步骤；否则，追查原因，采取措施，直到过程回到受控状态。

**绘制控制用控制图** 当判定过程处于控制状态且过程能力指数达到规定要求时，可延长控制线，作为控制用控制图。

**进行日常工序质量控制** 在日常生产活动中，随机间隔取样，进行测量和计算，在控制图上描点并观察分析过程状态。如无异常现象，则维持现状进行生产；如出现质量降低的信息，应采取措施消除异常；如出现质量提高的信息，应总结经验，进行标准化和制度化。

**修订控制界限** 为使控制图的控制界限能反映工序的实际质量状况，应定期修订控制界限。除定期修订外，当遇到下列情况时，还应进行不定期修订。

- 通过当前数据和历史数据分析，表明工序质量发生了显著的变化
- 工序条件如材料成分、工艺方法、工艺装备和环境条件方式发生了显著变化
- 取样方法已改变

修订时，应重新收集数据，重复绘制分析用控制图和绘制控制用控制图两步，得到新的控制界限。







### 三、控制界限的确定

控制界限是判定生产过程是否稳定的主要依据, 因此, 合理确定控制界限是绘制控制图的关键所在。本章前面我们是根据  $\pm 3\sigma$  原则来确定上下控制界限的, 现以最常用的均值—极差控制图 ( $\bar{x}-R$  图) 为例, 介绍控制图上下控制界限的确定方法。

由数理统计理论可知, 当特性值  $x$  服从总体为  $N(\mu, \sigma)$  的正态分布时,  $n$  个样本  $x_1, x_2, \dots, x_n$  的平均值  $\bar{x}$ 、极差  $R$  有以下性质。

$\bar{x}$  的期望值  $E(\bar{x}) = \mu$        $\bar{x}$  的标准偏差  $\sqrt{D(\bar{x})} = \sigma/\sqrt{n}$

$R$  的期望值  $E(R) = d_2\sigma$        $R$  的标准偏差  $\sqrt{D(R)} = d_3\sigma$

$\mu$  和  $\sigma$  可通过样本容量为  $n$  的  $k$  组样本数据求得

$\mu$  的估计值  $= \bar{\bar{x}}$        $\sigma$  的估计值  $= \frac{\bar{R}}{d_2}$

式中  $\bar{\bar{x}}$ —— $\bar{x}$  的平均值;  $\bar{R}$ —— $R$  的平均值;  $d_2$ 、 $d_3$ ——由  $n$  确定的系数 (可由控制图系数表 7-1 查出)。

#### $\bar{x}$ 图的控制界限

$$UCL = E(\bar{x}) + 3 \sqrt{D(\bar{x})} = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL = E(\bar{x}) - 3 \sqrt{D(\bar{x})} = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

$$CL = \bar{\bar{x}}$$

#### $R$ 图的控制界限

$$UCL = E(R) + 3 \sqrt{D(R)} = d_2\sigma + 3d_3\sigma = \left(1 + 3 \frac{d_3}{d_2}\right) \bar{R} = D_4 \bar{R}$$

$$LCL = E(R) - 3 \sqrt{D(R)} = d_2\sigma - 3d_3\sigma = \left(1 - 3 \frac{d_3}{d_2}\right) \bar{R} = D_3 \bar{R}$$

$$CL = \bar{R}$$

式中  $A_2$ 、 $D_4$ 、 $D_3$  是由  $n$  确定的系数, 其值可以通过计算得到, 也可由表 7-1 直接查出 (详细的控制图系数表见附录 IV)。

其他类型控制图控制界限的确定方法与  $\bar{x}-R$  图相同, 几种常用控制图的控制界限目前已标准化 (国家标准 GB4091-2001)。常规控制图控制界限计算公式如表 7-2 所示, 因此, 在工程实际应用中, 不需要再去推导繁琐的控制界限公式, 而只需要查表 7-2, 就可直接得到所需控制图的控制界限。

表 7-1 控制图系数表

系数 $n$	$A_2$	$A_3$	$m_2 A_2$	$D_4$	$D_3$	$d_2$	$d_3$	$B_3$	$B_4$
2	1.880	2.659	1.880	3.267	0	1.128	0.893	0	3.267
3	1.023	1.954	1.187	2.579	0	1.693	0.888	0	2.568
4	0.729	1.628	0.796	2.282	0	2.059	0.880	0	2.266
5	0.577	1.427	0.691	2.115	0	2.326	0.864	0	2.089
6	0.483	1.287	0.549	2.004	0	2.534	0.848	0.030	1.970
7	0.419	1.182	0.509	1.924	0.076	2.704	0.833	0.118	1.882
8	0.373	1.099	0.432	1.864	1.136	2.847	0.820	0.185	1.815
9	0.337	1.032	0.412	1.816	0.184	2.970	0.808	0.239	1.761
10	0.308	0.973	0.363	1.777	0.223	3.078	0.797	0.284	1.716

表 7-2 常规控制图控制界限计算公式及国家标准

序号	质量数据 分布形式	控制图名称	代号	图名	中心线	控制界限	标准
1	正态分布 (计量值 数据)	均值—极差 控制图	$\bar{x}-R$	$\bar{x}$ 图 $R$ 图	$\bar{x}$ $\bar{R}$	$\bar{x} \pm A_2 \bar{R}$ $D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	GB4091.2
2		均值—标准差 控制图	$\bar{x}-s$	$\bar{x}$ 图 $s$ 图	$\bar{x}$ $\bar{s}$	$\bar{x} \pm A_3 \bar{s}$ $B_4 \bar{s}, B_3 \bar{s}$	GB4091.3
3		中位数—极差 控制图	$\tilde{x}-R$	$\tilde{x}$ 图 $R$ 图	$\tilde{x}$ $\bar{R}$	$\tilde{x} \pm m_3 A_2 \bar{R}$ $D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	GB4091.4
4		单值—移动极差 控制图	$x-R_i$	$x$ 图 $R_i$ 图	$\bar{x}$ $\bar{R}_i$	$\bar{x} \pm 2.66 \bar{R}_i$ $UCL = 3.267 \bar{R}_i$	GB4091.5 ISO 8258
5		不合格品率 控制图	$P$	$p$ 图	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	GB4091.6
6		不合格品数 控制图	$np$	$np$ 图	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	GB4091.7
7		单位缺陷数 控制图	$u$	$u$ 图	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm 3 \sqrt{\bar{u}/n}$	GB4091.8
8		缺陷数 控制图	$c$	$c$ 图	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3 \sqrt{\bar{c}}$	GB4091.9





#### 四、计量值控制图的应用

根据概率论知识可知, 计量数据服从正态分布, 其均值  $\mu$  和标准差  $\sigma$  等特征量都是各自独立的不相关参数, 应分别加以控制, 因此, 在应用计量值控制图时, 必须是两图联用, 如采用  $\bar{x}$  图、 $\bar{x}$  图、 $x$  图来控制质量值数据的分布中心  $\mu$ ; 而用  $R$  图、 $s$  图、 $R_s$  图来控制质量特性值数据的标准差  $\sigma$ 。计量值控制图中在数据分布中心方面,  $\bar{x}$  图检出力最强,  $\bar{x}$  图检出力次之,  $x$  图检出力最弱; 在数据的标准差方面,  $s$  图检出力最强,  $R$  图检出力次之,  $R_s$  图检出力最弱。当  $\bar{x}$  图与  $s$  图结合时, 其检出力最强, 但由于样本标准差  $s =$

$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$  的计算比较复杂, 而且要求样本容量  $n \geq 10$ , 这就限制了  $\bar{x} - s$  控制图的应用, 相反, 极差  $R$  的计算非常简单, 因此, 在大量生产过程中,  $\bar{x} - R$  控制图成为首选应用图种。本节将重点介绍  $\bar{x} - R$  图和  $\bar{x} - R_s$  图的应用, 其他计量值控制图 (如  $\bar{x} - s$  图、 $\bar{x} - R$  图) 应用步骤与它们相同, 只是控制界限的计算公式不同而已。

##### 1. $\bar{x} - R$ 控制图的应用

$\bar{x} - R$  控制图是计量值控制图中最常用、最基本的一种控制图, 它常用于控制对象为长度、重量、强度、纯度、时间和生产量等计量值的场合。 $\bar{x}$  图主要用于观察质量特性值均值的变化,  $R$  图用于观察质量特性值分散程度的变化。

现举例说明  $\bar{x} - R$  控制图的应用步骤。

**例 7-1** 某汽车发动机制造厂要求对活塞环零件的制造过程建立  $\bar{x} - R$  控制图以进行质量控制。

解: 活塞环零件的  $\bar{x} - R$  控制图应用步骤如下。

(1) 预备数据的收集 随机抽取近期生产的 25 组活塞环直径样本, 每个样本包含 5 个活塞环直径的观察值 (表 7-3)。

表 7-3 活塞环直径的数据表

(单位: mm)

样本序号	观测值					$\bar{x}_i$	$R_i$
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	74.010	0.038
2	73.995	73.992	74.001	74.001	74.011	74.001	0.019
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002	74.008	0.036
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009	74.003	0.022
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014	74.003	0.026

续表

样本序号	观测值					$\bar{x}_i$	$R_i$
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993	73.996	0.024
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005	74.000	0.012
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.998	73.997	0.030
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004	74.004	0.014
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995	73.998	0.017
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990	73.994	0.008
12	74.004	74.000	74.007	74.000	73.996	74.001	0.011
13	73.983	74.002	73.998	73.997	74.012	73.998	0.029
14	74.006	73.967	73.994	74.000	73.984	73.990	0.039
15	74.012	74.014	73.998	73.999	74.007	74.006	0.016
16	74.000	73.984	74.005	73.998	73.996	73.997	0.021
17	73.994	74.012	73.986	74.005	74.007	74.001	0.026
18	74.006	74.010	74.018	74.003	74.000	74.007	0.018
19	73.984	74.002	74.003	74.005	73.997	73.998	0.021
20	74.000	74.010	74.013	74.020	74.003	74.009	0.020
21	73.998	74.001	74.009	74.005	73.996	73.996	0.033
22	74.004	73.999	73.990	74.006	74.009	74.002	0.019
23	74.010	73.989	73.990	74.009	74.014	74.002	0.025
24	74.015	74.008	73.993	74.000	74.010	74.005	0.022
25	73.982	73.984	73.995	74.017	74.013	73.998	0.035
小计						1850.024	0.581
平均						$\bar{x} = 74.001$	$\bar{R} = 0.023$

## (2) 计算统计量

a. 计算每一组样本的平均值  $\bar{x}_i = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 x_{ij}$ , 记入表 7-3 中。如第一组:

$$\bar{x}_1 = \frac{74.030 + 74.002 + 74.019 + 73.992 + 74.008}{5} = 74.010$$

b. 计算每一组样本的极差  $R_i$ , 记入表 7-3 中。如第一组

$$R_1 = x_{\max} - x_{\min} = 74.030 - 73.992 = 0.038$$

c. 计算 25 组样本平均值的总平均值  $\bar{\bar{x}} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} \bar{x}_i$ 。本例  $\bar{\bar{x}} = 74.001$





d. 计算 25 组样本极差的平均值  $\bar{R} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} R_i$ 。本例  $\bar{R} = 0.023$

(3) 计算  $\bar{x}$  图和  $R$  图的控制界限 当  $n=5$  时, 由表 7-1 可查得:  $A_2 = 0.577$ ,  $D_4 = 2.115$ ,  $D_3$  不考虑。又由表 7-2 查得

$\bar{x}$  图的控制界限

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 74.001 + 0.577 \times 0.023 = 74.014$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 74.001 - 0.577 \times 0.023 = 73.988$$

$$CL = \bar{\bar{x}} = 74.001$$

$R$  图的控制界限

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2.115 \times 0.023 = 0.049$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (\text{不考虑})$$

$$CL = \bar{R} = 0.023$$

(4) 作分析用控制图 根据所计算的  $\bar{x}$  图和  $R$  图的控制界限数值, 分别建立两个图的坐标系, 并对坐标轴进行刻度。分别以各组数据的统计量、样本号相对应的一组数据, 在控制图上打点、连线, 即得到分析用控制图, 本例图形见图 7-3 所示。

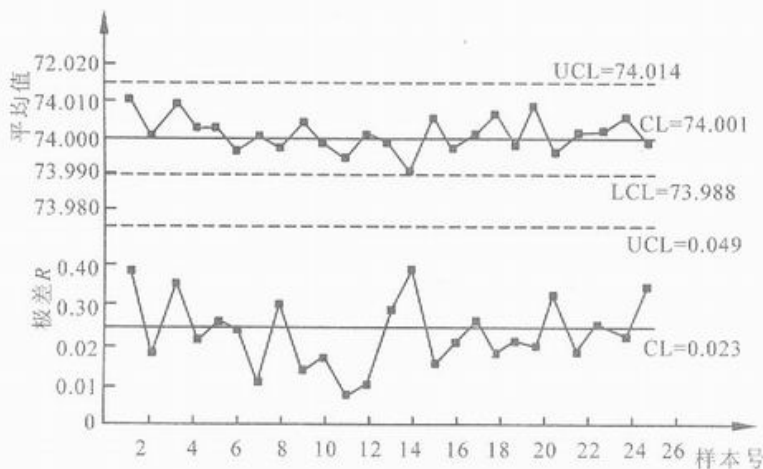


图 7-3  $\bar{x} - R$  控制图

(5) 作控制用控制图 从图 7-3 可看出,  $\bar{x}$  图和  $R$  图都处于稳定状态, 且又知该活塞环零件生产的过程能力指数达到规定要求, 因此, 可将图 7-3 的控制界限加以延长, 作为控制用控制图。

(6) 记入有关事宜 在控制图的空白处记载零件名称、件号、工序名称、质量特性、测量单位、标准要求、使用设备、操作者、记录者、检验者等内容, 并记载查明原因的经过和处理意见等, 计算过程和数据也应保留。



## 2. $\bar{x}-R_s$ 控制图的应用

单值—移动极差控制图 ( $\bar{x}-R_s$  图) 是根据测得的质量数据直接在控制图上打点, 由于样本容量  $n=1$ , 故不用对数据进行分组处理, 也不用计算各样本的平均值, 因此简便省事, 它主要应用于以下场合。

- 希望尽快发现和消除异常原因
- 只能获得一个测定值
- 过程质量均匀, 不需要测取许多数据
- 数据的取得需要很长的时间
- 测量数据需要高额的费用

单值—移动极差控制图具有判断过程状态时间短的特点, 缺点是不易发现过程平均值的变化。

**例 7-2** 在炼钢过程中, 需要对某种化学成分进行控制, 由于化学成分的化验需要很长时间, 试采用  $\bar{x}-R_s$  控制图对其控制。

解: 应用  $\bar{x}-R_s$  控制图的过程如下。

(1) 预备数据的收集 在生产稳定时, 通过抽样检验测得 25 组数据 (表 7-4), 每组样本容量  $n=1$ 。

表 7-4 化学成分的测定数据

组号	测定值 $x$	移动极差 $R_d$	组号	测定值 $x$	移动极差 $R_d$
1	67.00	-	14	66.98	0.05
2	67.05	0.05	15	66.97	0.01
3	66.99	0.06	16	67.02	0.05
4	67.09	0.10	17	66.93	0.09
5	67.07	0.02	18	66.90	0.03
6	67.26	0.19	19	67.06	0.18
7	67.00	0.26	20	66.89	0.17
8	67.06	0.06	21	67.19	0.30
9	66.92	0.14	22	67.03	0.16
10	67.11	0.19	23	67.22	0.19
11	67.02	0.09	24	67.03	0.19
12	67.15	0.13	25	67.04	0.01
13	66.93	0.22	小计	1676.01	2.94



## (2) 计算统计量

a. 计算每一组样本的移动极差  $R_{si}$ , 记入表 7-4 中。如表 7-4 所示, 第一组样本的移动极差  $R_{s1}$  不存在; 第二组的移动极差  $R_{s2}$  为

$$R_{s2} = |x_2 - x_1| = |67.05 - 67.00| = 0.05$$

其余各组的移动极差值的计算类推。

b. 计算 25 组样本的平均值  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} x_i = \frac{1676.01}{25} \approx 67.04$$

c. 计算 25 组样本移动极差的平均值  $\bar{R}_s$

$$\bar{R}_s = \frac{1}{k-1} \sum_{i=2}^k R_{si} = \frac{1}{24} \sum_{i=2}^{25} R_{si} = \frac{2.94}{24} \approx 0.12$$

(3) 计算  $\bar{x}$  图和  $R_s$  图的控制界限 由表 7-2 查得

$\bar{x}$  图的控制界限

$$UCL = \bar{x} + 2.66\bar{R}_s = 67.04 + 2.66 \times 0.12 \approx 67.36$$

$$LCL = \bar{x} - 2.66\bar{R}_s = 67.04 - 2.66 \times 0.12 \approx 66.72$$

$$CL = \bar{x} \approx 67.04$$

$R_s$  图的控制界限

$$UCL = 3.267\bar{R}_s = 3.267 \times 0.12 \approx 0.39$$

$$LCL = 0$$

$$CL = \bar{R}_s \approx 0.12$$

(4) 作分析用控制图 根据所计算的  $\bar{x}$  图和  $R_s$  图的控制界限数值, 作  $\bar{x} - R_s$  控制图, 图形见图 7-4 所示。

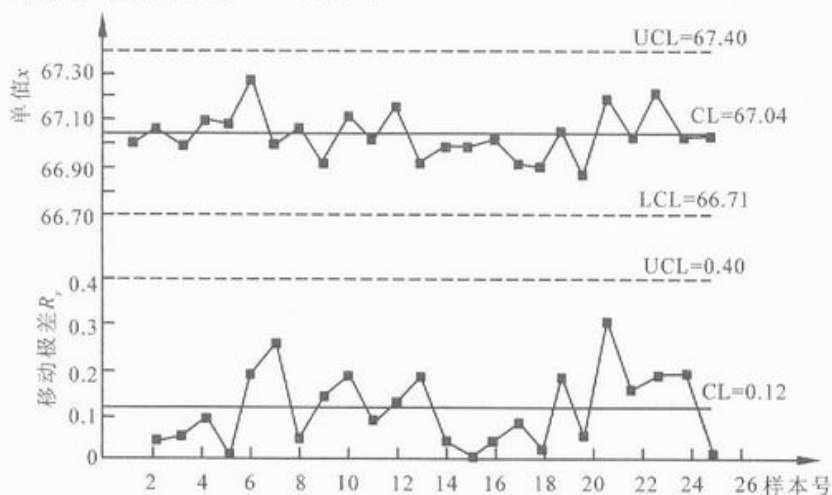


图 7-4  $\bar{x} - R_s$  控制图



(5) 作控制用控制图 从图 7-4 可看出,  $\bar{x}$  图和  $R_s$  图都处于稳定状态, 若炼钢过程的技术状态稳定, 可将图 7-4 控制界限加以延长, 作为控制用控制图。

(6) 记入有关事宜

## 五、计数值控制图的应用

计数值控制图分为两大类: 计件值控制图和计点值控制图。

**计件值控制图** 主要用来控制不合格品数 (使用  $np$  控制图) 和不合格品率 (使用  $p$  控制图);

**计点值控制图** 主要用来控制缺陷数 (使用  $c$  控制图) 和单位缺陷数 (使用  $u$  控制图)。

从概率论可知, 计件值数据服从二项分布, 以不合格品为例, 其分布中心为  $n\bar{p}$ , 标准差为  $\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$ , 两者是相关的数据。因此, 进行质量控制时, 只要控制它的分布中心, 其标准差也能同时受控; 计点值数据服从泊松分布, 以缺陷数据为例, 其分布中心为  $\bar{c}$ , 标准差为  $\sqrt{\bar{c}}$ , 两者也是相关的数据。因此, 进行质量控制时, 只需要控制分布中心即可。综上所述, 计数值控制图只需要控制质量数据的分布中心, 就能使生产过程达到受控的目的。下面分别介绍这四类控制图的应用步骤。

### 1. 不合格品数控制图 ( $np$ 控制图)

设  $n$  为样本大小,  $p$  为不合格品率, 则  $np$  为不合格品个数, 因此, 人们采用  $np$  作为样本中不合格品数的记号。 $np$  控制图主要用来控制生产过程中可能出现的不合格品数, 为此需要设置不合格品数控制界限, 当不合格品数超过这个界限时, 就需要对生产过程进行调整。

**例 7-3** 某厂生产一种零件, 规定每天抽 100 件为一个样本, 试用  $np$  控制图对其质量进行控制。

解: 该零件生产过程质量  $np$  控制图的建立步骤如下。

(1) 预备数据收集 通过抽样检验共收集 25 组数据, 每组样本容量  $n = 100$ , 共计 2500 个数据, 查得各组的不合格品数  $np$  见表 7-5 所示。

表 7-5 某零件的不合格品数数据表

样本号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
不合格品数 $np$	3	4	0	4	3	3	2	2	2	5	4	1	1	2	0	3	0	6	0	4	4	1	0	6	4
样本容量 $n = 100$ 样本组数 $k = 25$ 不合格品总数 $\sum np = 64$																									



## (2) 计算统计量

平均不合格品率  $\bar{p}$ 

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{\text{不合格品总数}}{\text{检查样品总数}} = \frac{64}{2500} = 0.0256$$

25 组样本的平均不合格品数  $n\bar{p}$ 

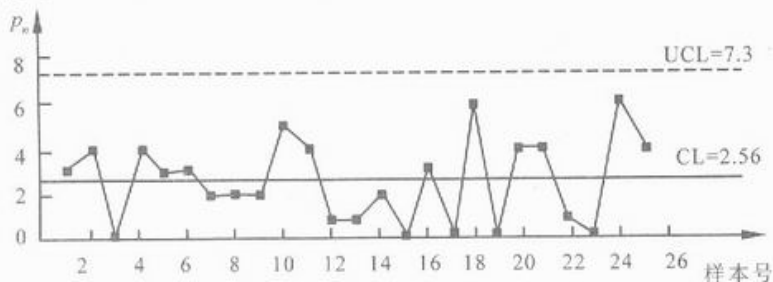
$$n\bar{p} = \frac{\sum np}{k} = \frac{\text{不合格品总数}}{\text{样本总数}} = \frac{64}{25} = 2.56$$

## (3) 计算控制界限 由表 7-2 查得

$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = 2.56 + 3\sqrt{2.56 \times (1-0.0256)} \approx 7.30$$

$$CL = n\bar{p} = 2.56$$

(4) 作分析用控制图 根据所计算的控制界限数值作  $np$  控制图, 图形见图 7-5 所示。

图 7-5 某零件生产的  $np$  控制图

(5) 作控制用控制图 从图 7-5 可以看出, 该零件生产过程处于稳定状态, 若过程能力指数达到规定要求可将图 7-5 的控制界限加以延长, 作为控制用控制图。

## (6) 记入有关事宜

2. 不合格品率控制图 ( $p$  图)

不合格品率  $p$  控制图是每组样本不固定时, 利用不合格品率进行质量控制的一种图形。

**例 7-4** 某产品验收的交验批量不等, 试用不合格品率控制图对其批质量进行控制。

解: 该产品的不合格品率控制图应用步骤如下。

(1) 预备数据收集 本例中, 共收集了 25 批产品的数据, 每组的批量和不合格品数  $np$  见表 7-6 所示。



表 7-6 某产品验收数据表

样本号	样本容量 ( $n$ )	不合格品数 ( $np$ )	不合格品率 ( $p$ )%	UCL (%)	LCL (%)
1	835	8	1.0	2.55	0.15
2	808	12	1.5	2.57	0.13
3	780	6	0.8	2.58	0.12
4	252	6	2.4	3.52	—
5	430	7	1.6	3.02	—
6	600	5	0.8	2.75	—
7	822	11	1.3	2.56	0.14
8	814	8	1.0	2.56	0.14
9	206	6	2.9	3.75	—
10	703	8	1.1	2.65	0.05
11	850	19	2.2	2.53	0.17
12	709	11	1.6	2.65	0.05
13	350	5	1.4	3.10	—
14	250	8	3.2	3.54	—
15	830	14	1.7	2.55	0.15
16	798	7	0.9	2.57	0.13
17	813	9	1.1	2.56	0.14
18	818	7	0.9	2.56	0.14
19	581	8	1.4	2.79	—
20	464	4	0.9	2.95	—
21	807	11	1.4	2.57	0.13
22	595	7	1.2	2.76	—
23	500	12	2.4	2.89	—
24	760	7	0.9	2.60	0.10
25	420	8	1.9	3.03	—
合计	15795	214	—	—	—

## (2) 计算统计量

a. 计算各组的不合格品率  $p_i = \frac{n_i p_i}{n_i}$ , 记入表 7-6 中。如第一组

$$p_1 = \frac{n_1 p_1}{n_1} = \frac{8}{835} = 0.01$$





b. 计算 25 批产品的平均不合格品率  $\bar{p}$

$$\bar{p} = \frac{\sum n_i p_i}{\sum n_i} = \frac{214}{15795} = 0.0135$$

(3) 计算控制界限值 由表 7-2 查得

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

从上式可看出,  $p$  控制图的控制界限与每批产品的容量  $n$  有关, 样本容量不同, 其控制界限也不一样。计算每批产品的控制界限, 记入表 7-6 中。如第一批产品

$$UCL_1 = 0.0135 + 3 \sqrt{\frac{0.0135 \times (1 - 0.0135)}{835}} = 0.0255$$

$$LCL_1 = 0.0135 - 3 \sqrt{\frac{0.0135 \times (1 - 0.0135)}{835}} = 0.0015$$

(4) 绘制  $p$  控制图 根据以上计算得到的数据做图。由于不合格品率越小越好, 一般不画出下控制界限 LCL。结果如图 7-6 所示。

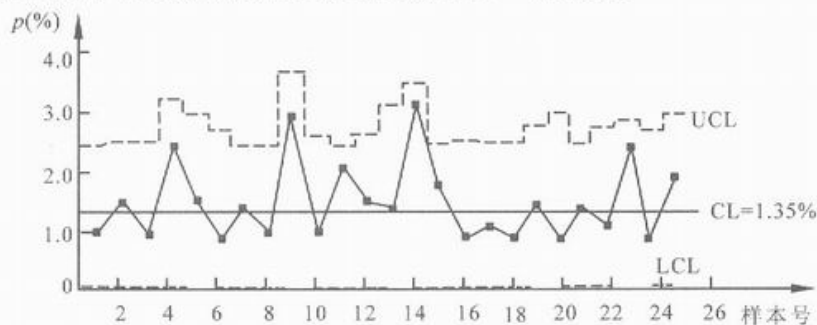


图 7-6 某产品验收的  $p$  控制图

与  $np$  控制图比较来看,  $p$  控制图的计算和做图均比较复杂, 表现为每个组的上、下控制界限都必须单独计算, 在图上表现为上、下控制界限都是折线。因此, 只要各组样本容量  $n$  大小不变, 使用  $np$  图更方便些。对于  $np$  图和  $p$  图来讲, 实际上起控制作用的是上控制界限, 中心线只表明  $np$  和  $p$  的平均水平, 下控制界限只用来检查生产过程中是否发生好的变化。如果点越出下控制界限, 只说明生产过程更加稳定。因此, 我们建议可以不画出下控制界限。

### 3. 缺陷数控制图 ( $c$ 图)

当样本容量  $n$  相同时, 可用  $c$  控制图来控制产品的缺陷数。如可用  $c$  图来控制铸件的砂眼、气孔、缩孔、渣孔、黏砂、冷陷以及喷漆件表面的斑点等缺陷数。



### 例 7-5 某铸件产品缺陷数控制图的应用。

解:  $c$  控制图的应用步骤如下。

(1) 预备收集数据 一共检查了 20 个铸件, 每个铸件上的缺陷数如表 7-7 所示。

表 7-7 某铸件产品缺陷数数据表

样本号	缺陷数 ( $c$ )	样本号	缺陷数 ( $c$ )	样本号	缺陷数 ( $c$ )
1	7	8	3	15	2
2	5	9	4	16	4
3	3	10	3	17	7
4	4	11	6	18	4
5	3	12	3	19	2
6	8	13	2	20	3
7	2	14	7	合计	82

(2) 计算统计量 20 个铸件的平均缺陷数  $\bar{c}$

$$\bar{c} = \frac{\sum c}{k} = \frac{\text{样本中的总缺陷数}}{\text{样本组数}} = \frac{82}{20} = 4.1$$

(3) 计算控制界限线 由表 7-2 查得

$$CL = \bar{c} = \frac{82}{20} = 4.1$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 4.1 + 3\sqrt{4.1} = 10.17$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 4.1 - 3\sqrt{4.1} = -1.97 \quad (\text{无意义})$$

(4) 绘制  $c$  控制图 如图 7-7 所示。

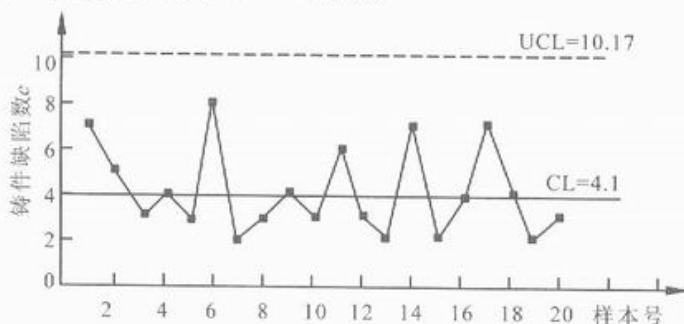


图 7-7 某铸件缺陷的  $c$  控制图

#### 4. 单位缺陷数控制图 ( $u$ 图)

在样本容量不固定时, 可利用经计算后的单位缺陷数控制图进行质量





控制。

**例 7-6** 试用单位缺陷数控制图 ( $u$  图) 对某电子仪器组装车间的焊接质量进行控制。

解: 该控制图应用步骤如下。

(1) 预备数据收集 该电子仪器组装车间月度检验记录如表 7-8 所示。

表 7-8 焊接缺陷数数据表

组号	检验台数 ( $n$ )	焊接不良数 ( $c$ )	平均每台不良数 ( $u$ )	UCL	LCL
1	9	89	9.9	14.3	7.7
2	10	93	9.3	14.1	7.8
3	12	132	11.0	13.8	8.1
4	7	71	10.1	14.7	7.2
5	11	144	13.1	14.0	8.0
6	9	97	10.8	14.3	7.7
7	13	112	8.6	13.7	8.2
8	11	155	14.1	14.0	8.0
9	10	129	12.9	14.1	7.8
10	11	109	9.9	14.0	8.0
11	12	128	10.7	13.8	8.1
12	8	74	9.3	14.5	7.5
13	11	140	12.7	14.0	8.0
14	12	123	10.3	13.8	8.1
15	10	87	8.7	14.1	7.8
16	11	131	11.9	14.0	8.0
17	12	104	8.7	13.8	8.1
18	8	125	15.6	14.5	7.5
19	11	135	12.3	14.0	8.0
20	9	92	10.2	14.3	7.7
合计	207	2270	—	—	—

## (2) 计算统计量

a. 检查与统计各样本中的缺陷数  $c$  并转换成单位缺陷数  $u$ ,  $u_i = c_i/n_i$ , 将结果记入数据表 7-8 中。如第一组

$$u_1 = \frac{c_1}{n_1} = \frac{89}{9} = 9.9$$

b. 计算平均单位缺陷数  $\bar{u}$

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{\text{样本中的总缺陷数}}{\text{样本总数}} = \frac{2270}{207} \approx 11$$

(3) 计算控制界限线 由表 7-2 查得

$$CL = \bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = 11 \quad (\text{各组均相同})$$

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} \quad LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$$

计算每一组样本的控制界限, 记入表 7-6, 如第一组

$$UCL_1 = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} \approx 11 + 3 \times \sqrt{11/9} \approx 14.3$$

$$LCL_1 = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n_1} = 11 - 3 \times \sqrt{11/9} \approx 7.7$$

(4) 绘制分析用  $u$  控制图 如图 7-8 所示。从图 7-8 中, 可以看到第 8 点、第 18 点超出控制界限, 说明该组装焊接过程有异常因素, 应进行质量分析。

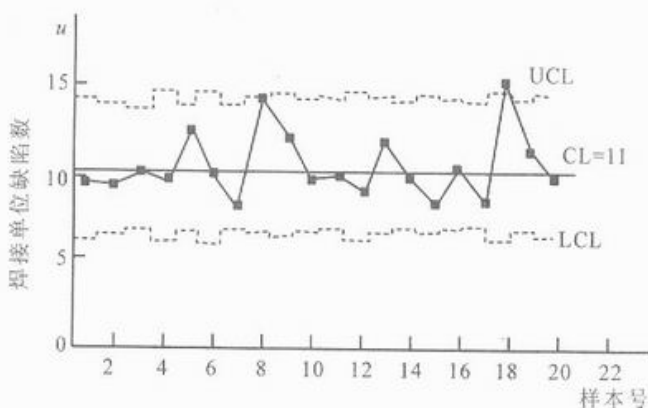


图 7-8 焊接单位缺陷数  $u$  控制图

### 第三节 控制图的观察和分析

应用控制图的目的是为了使生产过程始终处于“受控状态”。受控状态即稳定状态, 是指生产过程只受到偶然性因素的影响, 其产品质量特性值基本上不随时间变化的状态; 反之, 则为失控状态或称异常状态。人们对控制图进行观察分析就是为了判断生产过程是否稳定, 是否处于受控状态, 以便决定是否采取措施, 消除过程中的异常因素, 使生产过程保持稳定。控制图对



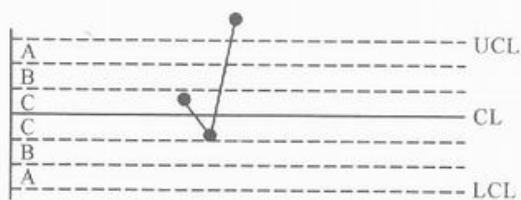


图 7-10 判断过程失控准则 1

**连续三个点中有两个点在 A 区·准则 2** 出现这种情况的原因可能是设备不稳定、操作有误或过程调整等 (图 7-11)。



图 7-11 判断过程失控准则 2

**连续五个点中有四个点在 B 区以外·准则 3** 出现这种情况的原因可能是过程偏移、量具需要调整或设备不稳定等 (图 7-12)。

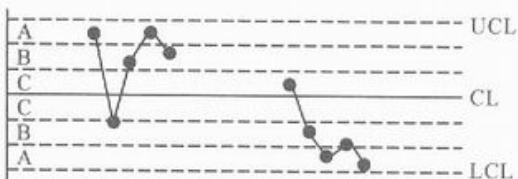


图 7-12 判断过程失控准则 3

**连续九个点在中心线的一侧·准则 4** 出现这种情况的原因可能是不变的量具、旧的钢模或过程发生漂移等 (图 7-13)。

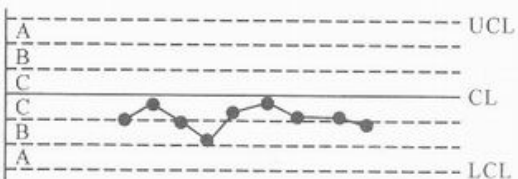


图 7-13 判断过程失控准则 4

**连续六个点稳定的上升 (或下降)·准则 5** 造成这种情形可能的原因是设备逐渐的损坏、操作者的疲劳或工具的磨损等 (图 7-14)。





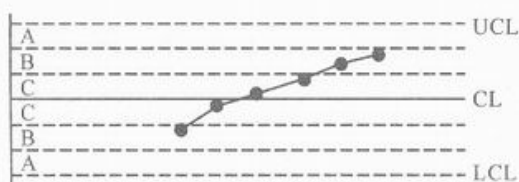


图 7-14 判断过程失控准则 5

连续十四个点交互上升下降·准则 6 可能是由于过程的调整等原因所引起 (图 7-15)。



图 7-15 判断过程失控准则 6

连续十五个点在中心线的上方或下方·准则 7 出现这种情况的原因可能是不适当的量具改进、改进流程、量具不变等 (图 7-16)。

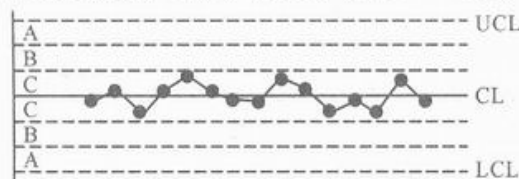


图 7-16 判断过程失控准则 7

连续八个点在中心线两侧 (但未在 C 区内)·准则 8 出现这种情况的原因可能是在一张控制图上有两个或者更多的过程或循环的影响等 (图 7-17)。

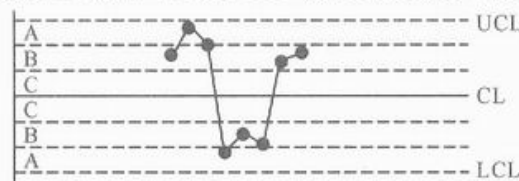


图 7-17 判断过程失控准则 8

#### 第四节 控制图的两类错误和检出力

##### 一、控制图的两类错误

应用控制图来判断生产过程是否稳定, 主要是根据控制图上点的分布状况来进行的, 而点又是通过抽样检验得来的, 它具有不确定性。因此, 在控制图的应用过程中可能会犯以下两类判断错误。

## 1. 虚发警报

虚发警报也称第Ⅰ类错误。在生产过程稳定的情况下,纯粹出于偶然因素而使点出界的概率虽然很小,但是这类事件总还是有可能发生的,如果发生,我们据此判定生产过程出现异常,于是就犯了虚发警报的错误,从而不必要地去分析查找原因,给生产带来损失。如图7-18所示,如果所产生的点正好位于曲线A的 $\alpha$ 区间(阴影区间),这种错判的概率为 $\alpha$ ,当控制图的控制界限取 $\mu \pm 3\sigma$ 时, $\alpha=0.27\%$ 。

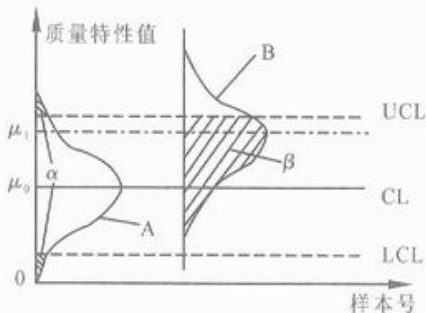


图7-18 两类错误发生的概率

## 2. 漏发警报

漏发警报也称第Ⅱ类错误。当生产过程出现异常情况时,产品质量的特性值会偏离典型分布,如图7-18中的B曲线,但总还是有一部分产品的质量特性值是落在上下控制界之内的,如图7-18中B曲线的阴影部分。如果我们抽检时正好抽到B曲线阴影部分的产品,这时由于点未出界而判定生产正常,这就犯了漏发警报的错误,发生这种错误的概率就等于图7-18中B曲线阴影部分的面积,通常记为 $\beta$ 。虚发警报的错误会无谓地增加人们的工作量,漏发警报的错误又会使人们失去控制生产过程的良好机会,这两类错误都会造成不良后果。因此,我们在应用控制图时,应尽量减少这两类错误的发生。

由于控制图是通过抽样来获取产品质量数据的,因此,发生上述两类错误是不可避免的。在控制图上,中心线一般是对称轴,所能变动的只是上下控制界限的间距,我们在应用控制图时,若将间距增大,则犯第Ⅰ类错误的概率 $\alpha$ 减少,而犯第Ⅱ类错误的概率 $\beta$ 增加;反之,则 $\alpha$ 增大,而 $\beta$ 减少。因此,我们在应用控制图时,往往只能根据这两类错误造成的总损失最小的原则来确定控制图的上下控制界限。

## 二、控制图的检出力

控制图的检出力是控制图的重要质量特性,控制图的检出力是指当生产过程出现异常时,控制图可以把这种异常状况正确地检测出来的概率,通常用 $P$ 表示, $P=1-\beta$ 。根据概率论原理,在控制图应用过程,犯第Ⅱ错误的概率 $\beta$ 为

$$\beta = \Phi\left[\frac{k - \delta\sqrt{n}}{f}\right] - \Phi\left[\frac{-k - \delta\sqrt{n}}{f}\right]$$



式中  $\Phi$ ——正态分布概率密度函数； $k$ ——控制界限系数，当采用  $3\sigma$  原则时， $k=3$ ； $\delta$ ——产品质量特性均值的偏移系数， $\delta = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{\sigma_0}$ ； $f$ ——产品质量特性标准差变动系数， $f = \frac{\sigma_1}{\sigma_0}$ ； $n$ ——抽样检验的样本大小。

则控制图的检出力为

$$P = 1 - \beta = \Phi\left[\frac{-k - \delta\sqrt{n}}{f}\right] + \Phi\left[\frac{-k + \delta\sqrt{n}}{f}\right]$$

### 思考与练习 7

- 在质量管理中控制图的主要作用是什么？
- 试讨论如何将控制图应用于管理过程。
- 试说明  $3\sigma$  控制界限确定的理由。
- 讨论非  $3\sigma$  控制图（如  $4\sigma$ 、 $5\sigma$ 、 $6\sigma$ ）中控制界限的确定方法，并给出通用的计算公式。
- 归纳一下控制图的种类，并说明它们的用途。
- 对于样本容量  $n=6$ ，取得 25 组数据后，计算得到  $\bar{x} = 16.28$ ， $\bar{R} = 3.48$ 。试计算  $\bar{x} - R$  控制图的控制界限。
- 如何判断控制图的受控状态与失控状态？
- 什么是分析用控制图和控制用控制图？请说明控制图应用的程序？
- 某厂生产的直柄麻花钻尺寸规格为  $\phi 6_{-0.0034}^{-0.0005} \text{ mm}$ 。今测得 100 个麻花钻直径数据如表 7-9 所示，试绘制  $\bar{x} - R$  控制图。

表 7-9 麻花钻直径数据表

样本号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	样本号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
1	5.982	5.979	5.987	5.978	5.985	11	5.980	5.987	5.978	5.982	5.986
2	5.985	5.979	5.987	5.981	5.978	12	5.982	5.988	5.977	5.985	5.979
3	5.981	5.977	5.984	5.980	5.989	13	5.985	5.977	5.976	5.980	5.977
4	5.985	5.982	5.988	5.980	5.982	14	5.987	5.977	5.979	5.985	5.982
5	5.981	5.979	5.983	5.977	5.986	15	5.983	5.987	5.982	5.980	5.989
6	5.987	5.983	5.982	5.979	5.990	16	5.975	5.977	5.985	5.983	5.981
7	5.981	5.979	5.982	5.977	5.987	17	5.981	5.977	5.986	5.982	5.985
8	5.976	5.975	5.984	5.982	5.980	18	5.977	5.978	5.981	5.985	5.977
9	5.981	5.979	5.976	5.974	5.984	19	5.986	5.982	5.984	5.988	5.987
10	5.982	5.983	5.985	5.979	5.977	20	5.980	5.985	5.982	5.986	5.977

- 某零件的尺寸为  $\phi 30_{-0.008}^{+0.008} \text{ mm}$ ，随机取样 25 个数据如表 7-10 所示，试绘制  $\bar{x} - R$  控制图。



表 7-10 零件尺寸数据表

样本号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\bar{x}$	30.10	29.90	30.00	29.70	30.00	30.10	29.80	30.10	29.95	30.14	30.20	29.43	30.30
样本号	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	—
$\bar{x}$	29.90	29.84	30.00	30.00	29.90	30.05	29.86	30.10	30.57	29.90	30.16	29.80	—

- 某产品成品验收每次抽样 300 件, 现测得 20 组样本中的不合格品数分别为: 14, 13, 20, 23, 13, 11, 5, 15, 20, 15, 16, 17, 10, 7, 17, 19, 25, 15, 10, 15。试绘制  $np$  控制图。
- 某 DVD 厂在出厂前对产品进行抽样检验, 要求平均不合格品率  $\leq 3\%$ , 所取的 25 组数据如表 7-11 所示, 试用  $p$  控制图对其控制。

表 7-11 DVD 生产批质量控制数据表

样本号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
样本容量 $n$	415	368	208	230	430	530	473	392	435	253	420	380	430
不合格品数 $np$	12	10	6	6	8	18	15	8	9	6	7	8	8
样本号	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	—
样本容量 $n$	315	740	395	175	248	209	297	179	313	171	325	304	—
不合格品数 $np$	5	19	9	6	5	6	6	5	7	5	6	7	—

- 已知样本容量  $n = 20$ , 现测得 15 组样本中的铸件缺陷数分别为: 32, 39, 43, 36, 45, 30, 38, 40, 48, 37, 44, 48, 41, 37, 44, 35, 50, 42。试绘制  $c$  控制图并进行观察和分析。
- 某 DVD 厂组装车间, 月检查记录见表 7-12, 试用单位缺陷数控制图对其进行控制 (组装车间的控制要求是: 平均每条缺陷数  $\leq 2.5$ )。

表 7-12 DVD 质量控制数据表

组 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
检查台数 $n$	16	15	14	15	16	17	15	13	14	17
缺陷数 $c$	31	29	30	28	33	35	30	25	30	30
组 号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
检查台数 $n$	13	15	14	15	16	15	15	16	15	14
缺陷数 $c$	27	29	28	32	31	32	29	31	30	29

