

第六章 质量控制常用技术

第一节 质量工程中的数据

一、质量数据的基本概念

产品的质量指标有定性的和定量两种。对于定性的质量指标一般是用文字进行说明,通常不规定具体的质量特性值,比如产品的外形是否美观、操作是否方便等,主要靠人的感觉来判断。对于定量的质量指标通常都规定有具体的质量特性值,比如,尺寸精度、表面粗糙度、硬度、强度等。在现代质量工程中,定量质量指标与定性质量指标相比更易于比较,更易于判断产品质量是否合格或确定产品的质量水平。

在质量控制过程中,将检测和分析得到的质量特性值用数字记录下来,称为质量数据。目前,利用质量数据进行定量分析已成为现代质量工程的基本特征。

产品的质量数据可以分成两大类:计量值数据和计数值数据。

计量值数据是指可以用仪器测量的连续性数据,如长度、强度、温度、硬度、重量、压力、时间、成分等。

计数值数据是指不能连续取值的、只能用自然数表示的数据,如合格品件数、废品数、疵点数等。

对于计数值数据,还可进一步细分为计件值数据和计点值数据。计件值数据是按产品个数计数的数据,如合格品件数、废品件数等;计点值数据是按点计数的数据,如铸件表面的缺陷数、气孔数等。

二、质量数据的分散性和集中性

实践表明,在生产过程中,即使同一名工人在同一台设备上,用同一种原材料,采用相同的加工方法加工出的同一批产品,其质量数据也并非完全相同。例如,同一批机械加工零件的几何尺寸不可能完全相同,同一批材料的力学性能也不完全一样。这些事实说明,质量数据具有分散的基本属性,称为质量数据的分散性。质量数据的分散性是由于生产条件和原材料的内部性质发生变化所造成的。

另一方面,当我们收集的质量数据足够多时,又会发现这些质量数据在一定范围内围绕在一个中心值周围,越靠近中心值,数据越多;越偏离中心值,数据越少。这反映出质量数据具有集中的属性,我们把这种属性称之为质量数据的集中性。

质量数据的分散性和集中性统称为数据的“统计规律性”。在产品生产过程中,如果掌握了质量数据的统计规律性并将其应用于质量工程中,就可以经济地控制产品的质量。

三、质量数据的统计特征

现代质量工程的主要特征就是应用数理统计方法进行质量管理和控制,其基本的做法就

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



【报名须知】

- 1、报名登记表格下载后详细填写并发邮件至 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>

是用有限的样本来分析推断总体的特征。在质量管理和控制中,常用平均值、中位数等表示数据的集中性,采用极差、标准差等表示数据的分散性。

常用统计特征的计算方法如下:

1. 平均值 \bar{x}

设 n 个质量数据分别为 x_1, x_2, \dots, x_n , 则它们的平均值为:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (6-1)$$

2. 中位数 \bar{x}

把质量数据按大小顺序排列,处于中间位置的数称为中位数。但当 n 为偶数时,中位数为两个中间位置数据的平均值。

3. 极差 R

极差是一组质量数据 x_1, x_2, \dots, x_n 中最大值 x_{\max} 与最小值 x_{\min} 的差值。

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (6-2)$$

极差 R 能反映出质量数据的分散程度,计算简单方便,但不够精确。

4. 标准偏差 S

当计算精度要求较高时,可以用样本的标准偏差来表征质量数据的分散程度,其计算公式为:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (6-3)$$

在实际工作中,为了简化计算,也可采用下式:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n-1}} \quad (6-4)$$

质量数据的以下几个统计特征在后面的统计质量控制技术中要经常用到。

四、质量数据的收集

1. 质量数据收集的目的

- (1) 掌握和了解生产现状。
- (2) 分析质量问题,查找产生质量问题的原因。
- (3) 对工序进行分析,以判断其是否处于受控状态。
- (4) 自动调节工序状态,使之达到规定的标准状态。
- (5) 评价产品质量。

2. 收集质量数据的方法

收集的质量数据能否具有代表性,能否客观地反映产品的质量信息,在很大程度上取决于收集数据的方法。在现代质量管理中,为了确保收集的质量数据具有代表性,多采用随机抽样的方法获取产品的质量数据。随机抽样法就是使待检产品中的每个单位产品都具有同等

被抽到机会的一

(1) 简单随机抽样:每个单位产品有相等的概率被抽中,通常通过查随机数表,按

(2) 分层抽样:将产品按不同的质量特性分成若干层,使各层内产品的质量均匀一致,再从各层中按一定比例抽取样本。这种方

(3) 系统抽样:将产品按一定顺序排列,然后采用随机数表或随机数表,以后每隔一定间隔抽取一个单位产品。这种方

(4) 整群抽样:将产品按一定顺序排列,然后采用随机数表或随机数表,以后每隔一定间隔抽取一个单位产品。这种方

(5) 多阶段抽样:将产品按一定顺序排列,然后采用随机数表或随机数表,以后每隔一定间隔抽取一个单位产品。这种方

五、质

收集的质
质量数据
质量数据在
体特征的方法

六、质

统计技
规律的科学
用都是以质
分布等。

1. 正态

正态分
般来讲,如
互独立(互
质量数据就
所示。在正
量等,都是
度函数为:

数等表示

被抽到机会的一种方法。常用的随机抽样法有以下几种。

(1) 简单随机抽样法。在抽样时不放任何主观性,使待检产品中每个单位产品均能以相等的概率被抽到。这种抽样方法称为简单随机抽样法。为了实现抽样的随机化,可以通过查随机数表、掷骰子、翻扑克牌以及用计算机程序生成等方式。

(6-1)

(2) 分层随机抽样法。为了保证样本对产品质量具有较好的代表性,可以首先将待检产品按不同的特点进行分层(如按班次、按操作者、按设备等),以使使同一层内的产品质量均匀一致,然后在各层内分别按简单随机抽样法抽取一定数量的单位产品合并一起构成一个样本。这种方法称为分层随机抽样法。

单位数

(3) 系统随机抽样法。系统随机抽样从首先给待检产品中的每个单位产品分别依次编上1~N的号码,设需要抽取的样本容量为 n ,可用 N/n 的整数部分(设为 K)作为抽样间隔,然后采用简单随机抽样法在1~ K 之间确定一个随机数作为样本中的第一个被抽到的产品号码,以后就按抽样间隔依次抽取 n 个样品。

在实际工作中,为了得到有代表性的随机抽样结果,应尽量避免下面的错误。

(6-2)

(1) 对产品中不方便抽取的部分(埋在最下层、最里层、高度太高)总不去抽检,怕麻烦。

(2) 对产品批的质量是否均匀等情况不了解,就采用分层抽样方法。

计算公

(3) 只从产品的货架、箱子或容器的同一位置抽取样品。

(4) 采取有意抽样法,专挑看上去质量好或差的产品。

五、质量数据的整理

(6-3)

收集的质量数据要进行科学的整理,才能得到有用的信息并用于质量控制。

质量数据的整理方法一般分为两种:图表整理法和数量整理法。图表整理法是将获得的质量数据填在表中或画在图上,便于观察和分析;数量整理法是用样本的统计特征来推断总体特征的方法。

(6-4)

六、质量数据的分布规律

统计技术是以概率论为理论基础的应用数学的一个分支,它是研究随机现象中确定统计规律的科学技术。统计规律通常用数据分布来描述。在现代质量工程中,各种统计技术的应用都是以质量数据的分布规律为依据来进行的,其中最常用的有正态分布、二项分布和泊松分布等。

1. 正态分布

正态分布是自然界中最常见的一种连续性分布形态。一般来说,如果影响某一个质量特性的因素很多,各个因素相互独立(互不影响),每个因素所起的作用都很小,则这个质量数据就服从或近似服从正态分布,其分布曲线如图6-1所示。在正常生产条件下,产品的各种质量指标如长度、重量等,都是服从或近似服从正态分布的。正态分布的概率密度函数为

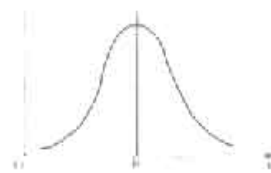


图6-1 正态分布

取决
随机
同等

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad x \in R \quad (6.5)$$

式中: μ 为质量数据的均值; σ 为质量数据的标准差。

2. 二项分布

二项分布是一种典型的离散性分布。一般情况下, 产品质量特性中的不合格品数和不合格率就属于二项分布。二项分布的概率密度函数为:

$$P_i = C_n^i P^i (1-P)^{n-i} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n, \quad 0 < P < 1) \quad (6.6)$$

式中: n 为检验的次数; P 为产品的不合格品率。

3. 泊松分布

泊松分布也是一种离散性分布, 当二项分布的 n 充分大而 p 很小时, 服从二项分布的质量数据如产品的缺陷数也就近似服从泊松分布。泊松分布的概率密度函数为:

$$P_i = \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n, \lambda > 0) \quad (6.7)$$

式中: $\lambda = np$ 为产品的不合格品数。

第二节 工序能力分析

一、工序质量的波动性

如前所述, 在生产过程中, 一名工人在同一台设备上, 用同一种原材料, 采用相同的制作方法, 加工出的一批产品, 其质量特性也并非完全相同。在质量管理中, 这种现象又被称为质量波动。质量波动在任何加工过程中都是客观存在的, 是不以人的意志为转移的。我们考核工序质量的好坏, 主要是看其波动性的大小。波动小的工序质量就稳定, 波动大就说明工序保证加工质量的能力差, 产生废次品的几率就高。在生产过程中, 对产品质量波动有影响的因素主要有操作者、机器设备、材料、加工方法、环境和检测技术等六个要素。因此, 对工序质量进行控制, 事实上就是对这六个要素进行控制。

工序质量的波动分为正常波动和异常波动两大类。

1. 正常波动

正常波动又称为随机波动, 它是由一些偶然因素引起的且会使产品质量产生微小变化, 其原因难于查明和消除。在正常生产条件下产生随机波动的原因通常有: 原材料性能和成分的微小差异, 机器设备的轻微振动, 工具材料的微小差异, 夹具的微小松动, 检测设备 and 测量波数的微小变化, 工人操作上的微小变化, 环境温度 and 湿度的微小变化等。由于正常波动存在的客观性, 在质量控制中是允许存在的。例如, 在加工过程中规定的公差, 实际上就是承认这种正常波动。

在工序质量控制中, 我们通常把仅有正常波动的生产过程称为统计控制状态, 简称受控状态。

2. 异常波动

异常波动又称为系统波动, 它是由于生产过程中发生某种异常现象而引起的。异常波动通常会使产品质量发生周期性或倾向性的变化, 它可分为常值变动、趋势变动和随机变

值变动等三种。因通常有: 1) 变化, 定位 2) 异常波动对? 在工序 3) 状态。

概括地 4) 理范围内, 5)

二、工

产品的 6) 就越容易达 7) 那么, 8) 机械加工过 9) 在工序 10) 质量一般呈 11) 由概率 12) 征。其中平 13) 值和重合; 14) 准差 σ 的 15) 接近于中心 16) σ 越大, 则 17) 质量波动的 18)

图 6-1

正是 19) 基础来表 20) 又由 21) 了一 22) 一批加 23) 序能力 24)

(6-5)

值变动等。一种 异常波动相对于正常波动而言,其原因易于查明和消除。产生异常波动的原因通常有:工人违反操作规程、机器设备振动过大、夹具严重松动、机床与夹具的调整发生变化、定位基准更改、刀具过度磨损、原材料规格改变、检测误差过大、读数不准等。由于异常波动对产品质量影响较大,因此在生产过程中异常变动必须予以消除。

数据不合

在二产品质量控制中,我们通常把有异常波动的生产过程称为非统计控制状态,简称失控状态。

(6-6)

概括地说,工序质量控制的任务就是要找出产品质量的波动规律,把正常波动控制在合理范围内,并随时消除异常波动。

分生的质

二、工序能力

(6-7)

产品的制造质量主要取决于工序能力的高低。如果工序能力高,产品质量的波动就小,就越容易达到产品质量标准的要求。反之,产品质量的波动就大,意味着产品的质量差。

那么,究竟什么是工序能力呢?工序能力是指工序处于控制状态下的实际加工能力。对机械加工过程而言,工序能力可以认为是工序的加工精度。

在工序处于控制状态下,工序质量的波动通常是由一些随机因素所引起的,此时,其产品质量一般呈正态分布,如图 6-1 所示。

由概率理论可知,一个正态分布曲线可以用平均值 μ 和标准差 σ 这两个基本参数来表征。其中平均值 μ 能反映出正态分布曲线中心所处的位置,它的理想位置与质量标准的名义值相重合;而标准偏差 σ 能反映出正态分布曲线的“高矮”和“胖瘦”。如图 6-2 所示,标准偏差 σ 的值越小,则正态分布曲线就越“高”和越“瘦”,这就意味着绝大部分质量数据都接近于中心值,质量波动的范围很小,因此,该工序的工序能力就越强。反之,如果标准差 σ 越大,则正态分布曲线就越“矮”和越“胖”,这就意味着大部分质量数据偏离中心值,质量波动的范围比较大,因此,该工序的工序能力就越差。

同的加
又被称
。我们
就说明
动有影
因此,

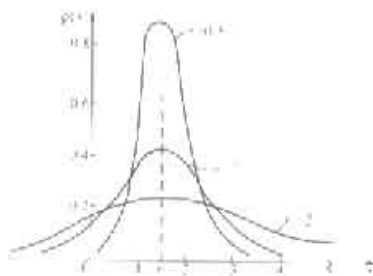


图 6-2 标准差 σ 对正态分布曲线的影响

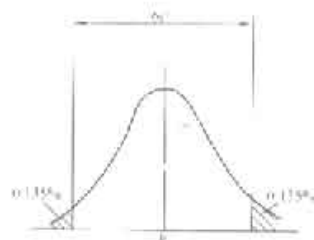


图 6-3 6σ 工序能力

正是由于标准偏差 σ 能反映出工序能力的强弱,所以在实践中,人们常以标准差 σ 为基础来表征工序能力的大小, σ 越小,工序能力就越强; σ 越大,工序能力就越差。

又由概率理论可知,正态分布曲线与横轴所包围的面积是 1,以机械加工为例,它代表了一批加工零件的总数量。在实践中,人们为了经济地控制加工质量,常用 $\pm 3\sigma$ 来描述工序能力(这是一个主观数值),即受控的分布范围 $B = 6\sigma$ 。为什么要用 6σ 呢?这是因为当

减小变
能和
设备
正常
实际上

受控

波动
机变

生产过程处于受控状态时,在距平均值 $\pm 3\sigma$ 范围内的产品占整个产品的99.73% (即这部分曲线与横轴包围的面积)。换言之,如果取工序能力为 6σ ,则有99.73%的产品为合格品,废品率仅为0.27%,如图6-3所示。以 6σ 作为工序能力来控制生产过程既经济又保证了产品质量,目前绝大多数工业国家都采用了这种方法。

当然,我们也可以用 8σ 、 10σ 甚至 12σ 来描述工序能力,这时,不合格品的比率仅为全部产品的0.006%,0.0006%和百万分之0.002。但在这些种情况下,企业为了保证足够的工序能力,为此所付出的代价要大得多。因此,究竟选用什么数值来表征工序能力, C_p 在顾客满意度和经济性之间作出选择。20世纪90年代初,摩托罗拉公司开始采用 12σ 来描述工序能力,大大提高了自己的工艺水平,虽然生产成本增加了,但顾客的满意度也得到大幅度提高,反而增强了企业自身的市场竞争能力。

三、工序能力指数及其计算

工序能力表示了工序固有的实际加工能力,即工序能达到的实际质量水平,但它与产品的技术要求无关。产品的技术要求是指产品质量指标允许波动的范围,即公差范围,它是确定制造质量的标准和依据。人们为了反映和衡量工序能力满足技术要求的程度,为此引入了工序能力指数的概念。

所谓工序能力指数,是指加工质量标准(通常是公差)与工序能力的比值,通常用符号 C_p 表示,即:

$$C_p = \frac{\text{质量标准}}{\text{工序能力}}$$

如果质量标准用公差 T 表示,工序能力用 6σ 描述,则工序能力指数的一般表达式为:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} \quad (6-8)$$

这里应强调的是,在式(6-8)中的 σ 是总体的标准差,而 σ 中还包括未生产出来的产品的标准偏差。所以 σ 的值往往无法直接计算。因此,在实际计算时,我们需要用样本的标准差 S 来估计它,并且这种估计必须是在工序处于受控状态时才有效,即有:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{T}{6S} \quad (6-9)$$

工序能力指数的计算方法与质量标准的规定方式有关。

1. 工序质量分布中心 μ 与公差带中心 M 重合

如图6-4所示,此时的工序能力指数为:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} = \frac{T_U - T_L}{6\sigma} = \frac{T_U - T_L}{6S} \quad (6-10)$$

式中, S 为样本的标准偏差; T_U 为质量标准(有时可理解为尺寸)的上限值; T_L 为质量标准(有时可理解为尺寸)的下限值。

从式(6-10)可以看出, C_p 值与公差的大小成正比,与标准偏差的大小成反比。

例6-1 某批零件轴径键槽的设计尺寸为 $10^{+0.025}_{-0.015}$ mm,通过随机抽样检验,经计算得知样本的平均值 μ 与公差中心 M 重合, $S=0.0067$ 。求该工序的工序能力指数 C_p 。

$$\text{解 } C_p = \frac{T}{6S} = \frac{T_U - T_L}{6S} = \frac{(10 + 0.025) - (10 - 0.015)}{6 \times 0.0067} = 1$$

2. 工序分

在实际生产质量标准的过程中,如图6-5所示,修正,首先将,相重合,然后 C_p 表示。其计

式中, k 为组

$x = (M - \mu) /$

际工序分布平

例6-2

$T_U = 30.000$ mm

经过计算得知

指数

解 $M =$

由于 $\mu = 2$

重合

3. 单侧标

有些产品

希望上限越小

例6-3

得其同轴度误

解

4. 单侧标

对于机械

好。这时,工

例6-4

的抗拉强度其

2. 工序分布中心 μ 与公差带中心 M 不重合

在实际生产中, 工序质量数据的实际分布中心 μ 往往与质量标准中心 M (公差带中心) 不重合, 会有一定的偏差, 如图 6-5 所示。在这种情况下, 应对工序能力指数的计算进行修正。首先将工序质量的实际分布中心 μ 与质量标准中心 M 相重合, 然后再计算工序能力指数。这时的工序能力指数用 C_{0a} 表示。其计算公式为:

$$C_{0a} = (1 - k)C_p = \frac{T - 2\varepsilon}{6S} \quad (6-11)$$

式中, k 为相对偏移量, $k = \varepsilon / (T/2)$; ε 为绝对偏移量, $\varepsilon = |M - \mu|$; M 为公差带中心, $M = (T_1 + T_2) / 2$; μ 为实际工序分布中心。

例 6-2 某批零件孔径设计尺寸的下、上限分别为 $T_1 = \phi 10.000 \text{ mm}$, $T_2 = \phi 29.991 \text{ mm}$, 通过随机抽样检验, 并经过计算得 $\mu = \phi 29.995 \text{ mm}$, $S = 0.00132 \text{ mm}$, 求工序能力指数。

$$\text{解 } M = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{10.000 + 29.991}{2} = 29.9955 \text{ mm}$$

由于 $\mu = 29.995 \text{ mm} \neq M$, 故公差中心与实际分布中心不重合。

$$\varepsilon = |M - \mu| = 29.9955 \text{ mm} - 29.995 \text{ mm} = 0.0005 \text{ mm}$$

$$T = T_2 - T_1 = 30 - 29.991 = 0.009$$

$$C_{0a} = \frac{T - 2\varepsilon}{6S} = \frac{0.009 - 2 \times 0.0005}{6 \times 0.00132} = 1.01$$

3. 单侧标准, 只有上限要求

有些产品, 如轴类零件的圆度、平行度等公差只给出上限要求, 而对下限没有要求, 且希望上限越小越好。这时工序能力指数计算公式为:

$$C_{pu} = \frac{T_1 - \mu}{3\sigma} = \frac{T_1 - \mu}{3S} \quad (6-12)$$

例 6-3 某机械厂要求零件滚柱的同轴度公差为 1.0 mm , 现随机抽取滚柱 50 件, 测得其同轴度误差均值为 $\mu = 0.7823 \text{ mm}$, $S = 0.0635 \text{ mm}$, 求工序能力指数。

$$\text{解 } C_{pu} = \frac{T_1 - \mu}{3\sigma} = \frac{T_1 - \mu}{3S} = \frac{1.0 - 0.7823}{3 \times 0.0635} = 1.14$$

4. 单侧标准, 只有下限要求

对于机械产品的强度、寿命、可靠性等指标常常要求不应低于某个下限, 且希望越大越好。这时, 工序能力指数计算公式为:

$$C_{pl} = \frac{\mu - T_2}{3\sigma} = \frac{\mu - T_2}{3S} \quad (6-13)$$

例 6-4 某种零件材料的抗拉强度要求 $\geq 650 \text{ N/cm}^2$, 经随机抽样 100 件, 测得零件材料的抗拉强度均值为 $\mu = 680 \text{ N/cm}^2$, $S = 8 \text{ N/cm}^2$, 求工序能力指数。

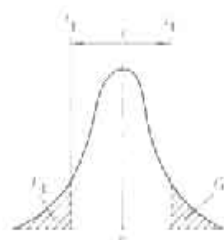


图 6-4 工序分布中心与公差带中心重合的情况

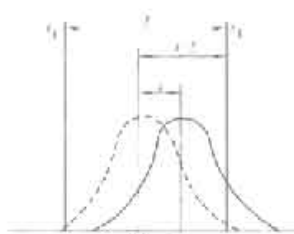


图 6-5 工序质量分布中心 μ 与公差带中心 M 不重合

解

$$C_{st} = \frac{\mu - T_L}{3\sigma} = \frac{\mu - T_U}{3\sigma} = \frac{680 - 650}{3 \times 8} = 1.25$$

四、工序能力评价

工序能力指数客观且定量地反映了工序能力满足质量标准的程度。工序能力指数越大,产品的加工质量就越高,相应地加工成本也会增加。所以,在实际生产中,应根据工序能力指数的大小对工序的加工能力进行分析和评价,以便于采取必要的措施,既要保证质量,又要使成本最低。

在一般情况下,对工序能力的判断及处理可以参照表6-1的标准。但需要指出的是,表中所列的判断标准并不是绝对的,应视具体情况而定。由于科学技术和生产力的高度发展对产品质量提出了更高的要求,有些企业现已实施了零缺陷管理和PPM质量控制,显然对工序能力的要求更要提高。例如对 6σ 质量而言,工序能力大于1.67并不意味着能力过剩充足。

表6-1 工序能力评定及处理

类型	C_p	$p(\%)$	工序能力判断	处 理
特级加工	$C_p > 1.67$	$p < 0.00006$	工序能力过剩充足	为提高产品质量,对关键的质量特性或主要项目应两次缩小公差范围,成为最高工序效率。降低成本并改善检查。降低设备精度等能等。
一级加工	$1.67 > C_p > 1.33$	$0.006 > p \geq 0.0006$	工序能力充足	对不重要的工序可简化质量检查,进行抽样检验或减少检验的频次。
二级加工	$1.33 > C_p > 1.00$	$0.27 > p \geq 0.006$	工序能力尚可	工序需要严格控制,对全部工序需做分层抽样检验。
三级加工	$1.00 > C_p > 0.67$	$4.55 > p \geq 0.27$	工序能力不足	必须采取措施提高工序能力:加强质量检查,必要时进行全数检查或增加检验的频次。
四级加工	$C_p < 0.67$	$p \geq 4.55$	工序能力严重不足	原则上应停产整顿,找出原因,采取有效措施提高工序能力,否则应全数检验,挑出不合格品。

在知道工序能力指数 C_p 和相对偏移量 k 后,利用表6-2可以方便地求得相应的不合格品率 p 。

表6-2 C_p 值、 k 值与不合格品率 p 的关系

k	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52
C_p	0.50	13.06	13.43	13.64	13.99	14.44	15.00	15.86	16.75	17.77	18.92	20.19	21.58	23.19

k	$p(\%)$
0.00	0.00
0.60	7.19
0.70	3.57
0.80	1.64
0.90	0.69
1.00	0.27
1.10	0.10
1.20	0.05
1.30	0.02
1.40	0.01
1.50	
1.60	

五、工

1. 工序

所谓工
况,并与
应的改进措

1. 序能
于稳定受控:

(1) 明
能力调查的
证加工质量

(2) 选
象应选择可

(3) 主
业方法: 1

(4) 2
的选择合适

(5) 1
析,并计3

(6) 序能力评

13. 1

21. 1

(续)

σ	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52
0.60	7.19	7.26	7.48	7.85	8.37	9.05	9.85	10.8	11.92	13.18	14.59	16.84	17.85	19.69
0.70	7.17	7.04	7.85	8.16	8.65	9.24	9.99	10.89	11.94	13.16	14.53	17.10	17.84	19.74
0.80	7.64	7.69	7.89	8.09	8.46	8.94	9.55	10.31	11.21	12.28	13.53	15.98	16.67	17.49
0.90	8.69	8.73	8.83	8.98	9.25	9.63	10.05	10.62	11.34	12.21	13.27	15.54	16.01	16.75
1.00	9.77	9.79	9.85	9.95	10.01	10.04	10.14	10.25	10.37	10.50	10.64	10.81	10.94	11.09
1.10	10.80	10.81	10.84	10.89	10.93	10.97	11.01	11.06	11.11	11.16	11.21	11.27	11.32	11.37
1.20	11.81	11.82	11.84	11.87	11.90	11.93	11.96	11.99	12.02	12.05	12.08	12.11	12.14	12.17
1.30	12.81	12.82	12.84	12.87	12.90	12.93	12.96	12.99	13.02	13.05	13.08	13.11	13.14	13.17
1.40	13.81	13.82	13.84	13.87	13.90	13.93	13.96	13.99	14.02	14.05	14.08	14.11	14.14	14.17
1.50	14.81	14.82	14.84	14.87	14.90	14.93	14.96	14.99	15.02	15.05	15.08	15.11	15.14	15.17
1.60	15.81	15.82	15.84	15.87	15.90	15.93	15.96	15.99	16.02	16.05	16.08	16.11	16.14	16.17

五、工序能力调查及工序分析

1. 工序能力调查

所谓工序能力调查,就是对产品生产过程(工序)采用一定的方法,测定其质量变动状况,并与标准进行比较,从而判断工序能力是否充足,过程是否处于受控状态,并制定相应的改进措施的全部活动。它是发现问题、解决问题的有效方法。

工序能力调查程序一般可按以下几个步骤进行。这里必须注意,工序能力的意义是在处于稳定受控状态的实际加工能力。

(1) 明确调查目的。调查目的是调查的核心和依据,因此调查前必须明确目的。工序能力调查的目的:一是为了摸清生产过程中各工序的工序能力状况,了解各工序是否都能保证加工质量;二是为了掌握关键工序的工序能力变化情况。

(2) 选择调查对象。调查对象选择得是否正确得当,将影响调查的结果。一般调查对象应选择可以进行数据处理且在生产过程中影响质量的主要环节。

(3) 标准化处理。按照 5M1E 的思路对设备、工装、测量仪器、测量方法、原材料、作业方法、工人的素质、工作环境等进行标准化处理,并制定出应达到的标准。

(4) 选择调查方法。调查目的不同,所选择的调查方法也不同。因此,应根据调查目的选择合适的调查方法。常用的调查方法有直方图法、工序能力图法和控制图法等。

(5) 计算工序能力指数。根据调查目的和选定的调查方法进行数据的收集、整理和分析,并计算工序能力指数,为工序能力评价和改进提供依据。

(6) 工序能力评价及改进。根据工序能力指数的判断标准,对工序能力进行评价。工序能力评价结果一般有三种情况。

1) 工序能力过剩,需要制定改进措施,降低成本,提高经济效益。

2) 工序能力充分,维持现状,继续生产。

ID: A1025803061415378 T

176 现代质量工程

1) 工序能力不足,找出原因,制定改进措施并加以实施。

2. 工序分析

如前所述,在生产过程中,由于受到人、机、料、法、环、测等六大因素的影响,工序质量是会出现各种波动。在影响质量波动的因素中,必然存在着关键因素,对质量波动起主导作用。所谓工序分析,就是对一些关键工序进行调查和试验,应用因果图、排列图等工具找出影响工序质量波动的关键因素(起决定性作用的变量),并确定关键因素与工序质量之间的关系,然后对这些关键因素制定出标准并加以控制管理的过程。

工序分析一般包括下列内容:

- (1) 分析工序质量的波动情况。
- (2) 选择主要质量特性值。
- (3) 找出影响质量波动的关键因素。
- (4) 确定关键因素的控制要求。
- (5) 制定改进方案,进行实施,并确认效果。

3. 提高工序能力的途径

由工序能力指数的计算公式 $C_p = (T - 2\sigma) / 6\sigma$ 可知,影响工序能力指数的变量有3个,即质量标准 T 、偏移量 μ 和样本标准偏差 σ 。所以,要提高工序能力指数,减少废品,可以从以下三个方面考虑:

(1) 调整工序加工的分布中心,减少偏移量 μ 。首先找出造成工序质量分布中心偏移的原因,再采取措施减少之。减少偏移量的主要措施如下:①如果偏移量是由于刀具磨损和加工条件随时间变化引起的,则可采取设备自动补偿或刀具自动调整等措施。②如果偏移量是由于设备、刀具、夹具等的定位误差和调整误差引起的,则可通过首件检验,重新调整或改变操作者使加工时偏向下差,如加工时偏向上差的习惯性倾向,以公差中心值作为加工依据。③采用更为精确的量规,由量规检验改为量值检验,采用更为精密的量具。

(2) 提高工序能力,减少分散程度。工序的分散程度,即工序加工的标准偏差 σ 。材料不均匀、设备精度低、可靠性差、工装及模具精度低、工艺方法不正确等因素对质量特性值的分散程度影响极大。一般可以采取以下措施减少之:①修订工序,改进工艺方法;修订操作规范,优化工艺参数,增加中间工序。②推广采用新材料、新工艺、新技术。③检修、更新或改造设备。④改变材料的进货周期,尽量采用同一批次原材料。⑤提高工装、夹具的精度。⑥改变生产现场的环境条件。⑦对关键工序的操作进行培训,提高技术水平。⑧加强现场质量控制,增加检验频率和数量。

(3) 在保证产品质量的前提下,适当放宽公差。在实际工作中,为提高保险系数,产品设计人员有紧缩公差的倾向。因此,如果 C_p 的值过小,无法采取其他措施时,可以考虑与设计人员充分协商,在保证质量的前提下,适当放宽公差值,以降低生产成本。

第三节 工序控制

一、工序控制的含义

工序控制是工序质量控制的简称,它是现代质量工程的一项重要内容。工序控制的目的是

稳定工序

是使工序长期处
品质量的波动现
在产品的技术要

- (1) 要制定
仪器仪表校正标
- (2) 要提供
反馈系统,及时
- (3) 要具有

二、工序

工序控制主

1. 对生产

对生产条件

控制。也就是要
去保证工序质量
括开工前的检查

2. 对关键

对影响严重
时掌握工序质量

3. 对计量

计量测试
编制器具周期
用牌。同时,工

4. 对不合

对不合格品
此对不合格品
动,不合格品

三、工序

1. 工序控

工序控制
须重点控制的
解:

- (1) 使工
制的对象往往
部位(如装配
工中经常产生
- (2) 控制
有时是定性的

是使工序长期处于稳定的受控状态。具体地说,工序控制就是根据产品的工艺要求,研究产品质量的波动规律,找出造成异常波动的工艺因素,并采取各种措施,使质量波动始终保持在产品的技术要求范围内。为了搞好工序控制,必须具备以下三个条件:

- (1) 要制定控制所需要的各种标准,包括产品标准、工序作业标准、设备保证标准、仪器仪表校正标准等。这些标准是判断工序是否处于稳定状态的依据。
- (2) 要获得实际执行结果与标准之间差异的信息。因此,有必要建立一套灵敏的信息反馈系统,及时把握工序的现状及可能的发展趋势。
- (3) 要具有纠正偏差的具体措施。没有纠正措施,工序控制就失去了意义。

二、工序控制的内容

工序控制主要包括以下内容:

1. 对生产条件进行控制

对生产条件进行控制就是对生产过程中的人、机、料、法、环、测等六大影响因素进行控制。也就是要求生产管理部门要为生产过程提供并保持符合标准要求条件,以工作质量来保证工序质量。同时,还要求知道工序的操作者对所规定的生产条件进行有效的控制,包括开工前的检查和加工过程中的监控。检验人员应给予有效的监督。

2. 对关键工序进行控制

对影响产品质量的关键工序应采取特殊措施。对关键工序,除控制生产条件外,还要随时掌握工序质量的变化趋势,采取各种措施使其始终处于良好的状态。

3. 对计量和测试条件进行控制

计量测试条件关系到质量数据的准确性,必须加以严格控制。要规定严格的检定制度,编制器具周期送检计划,计量器具应有明显的合格标志,超期未检定或检定不合格者应挂禁牌。同时,计量器具的使用和保管应严格符合所要求的环境条件。

4. 对不合格品进行控制

对不合格品的控制应由质量管理部门负责,而不能由检验部门负责。质量管理部门除负责对不合格品进行管理外,还应据此掌握质量信息,以便进行预防性控制。组织质量改进活动。不合格品的控制应有明确的制度和程序。

三、工序控制点

1. 工序控制点的含义

工序控制点是为保证工序处于受控状态,在一定的时间和条件下,在产品制造过程中必须重点控制的质量特性、关键部位或薄弱环节等。对工序控制点,我们可以作如下两方面理解:

(1) 使工序处于受控状态。在产品制造过程中,运用重点控制和预防为主的思想,控制的对象往往是关键的质量特性(如尺寸、性能、硬度、表面粗糙度、形位公差等)、关键部位(如装配的关键环节、热处理温度、铸造铁液的浇注温度等)和薄弱环节(如机加工中经常产生不合格品的工艺环节)等。

(2) 控制对象有时是某个具体的、定量的质量特性,如对某个零件控制其尺寸公差;有时是定性的质量特性,如对某个机构的装配则要控制其灵活性;有时质量特性值同时具有

影响,工序
量波动起主
例图零工其
工序质量之

变量有3
减少废品。

心偏转的
磨削和加
偏移量是
新调整
作为加工

8. 材料
特性值
靠计操
修,更
具的精
加强理

数,产
以考虑

目的

定量和定性的双重特点,如对流液浇注温度的控制是定量的质量特性,而对浇注速度则很难用定量的特性值表示。

2. 工序控制点的设置原则

通常,应考虑在下列工序建立控制点:

- (1) 形成产品主要质量特性的工序。
- (2) 在工序上有特殊要求,需要特殊控制的工序。
- (3) 对产品质量有重大影响的关键工序。
- (4) 经常发生质量问题的工序。

在一个产品的生产过程中,究竟应设多少个工序控制点,不能仅凭主观想象决定,也不能根据产品的复杂程度来决定,而必须根据上述设点原则来决定。

3. 工序控制点的种类

工序控制点主要有以下三种类型:

(1) 以质量特性值为对象设置的工序控制点。这种类型的工序控制点适合大批量生产的场合。它是以某项具体的关键质量特性为对象,通过对有关影响因素的控制,使该质量特性值保持在允许的范围,使工序处于受控状态。目前大多数工序控制属于这种类型。

(2) 以设备为对象设置的工序控制点。这一类型的工序控制适用于单件、小批量生产的场合。其特点是:产品的结构和形状相似,但尺寸不同的零件的精加工都放在同一关键设备上完成,于是就形成了以设备为对象的控制点。在同一台设备上加工,影响质量波动的因素都是相同的,因此可以用同一套控制工具(如使用同一张工序质量分析表)。例如,对某一系列车床的主轴进行加工,轴的结构和形状相似,只有尺寸大小的差异,但对主轴的精磨都是在同一台精密外圆磨床上加工的,这样就可以在精密外圆磨床上设置控制点,编制同张工序质量分析表。

(3) 以工序为对象设置的控制点。这一类型的工序控制点适用于装配、铸造、热处理、焊接等工序。

4. 对工序质量控制点的要求

对设置的工序控制点,有以下几方面的要求:

- (1) 应明确控制对象和目标。
- (2) 要有完整的控制文件,明确对操作者的培训和资格要求,规定操作、控制、检测和记录等要求。
- (3) 明确对设备、工装等的精度要求,并用文件的形式下达给有关部门。
- (4) 根据不同类型的工序控制点,规定连续监控的方法和要求,有针对性地选用控制图,分析控制效果。如发现异常情况,应及时采取纠正措施。
- (5) 制定详尽的管理办法,并认真贯彻执行。

四、统计工序控制

统计工序控制(Statistical Process Control, SPC)有时也被称为统计过程控制。SPC的概念最初是由休哈特于1924年提出来的,到今天已经在工业化国家得到普遍应用,并取得了巨大的经济效益。SPC的核心是控制图理论。

1. 统计工序控制的含义

所谓统计

达到改进与

程,而且还

SPC的

用数理统计

2. SPC

(1) 产

种含义:工

休哈特提出

的

(2) 异

常因素两大

素对产品质量

生产过程中

质,控制图

(3) 能

异常因素的

不仅可靠而

(4) 预

(5) 诊

能告诉我们

(6) SP

联系中进行

主要特色之

3. 统计

进行统

(1) 进

1) SPC

2) 正态

3) 质量

4) 制定

(2) 确

1) 对每

排列图)

2) 找出

索列出。

(3) 提,

1) 对每

2) 对每

所谓统计工序控制,就是利用数理统计的方法,对工艺过程的各个阶段进行控制,从而达到改进与保证产品质量的目的。SPC强调全过程预防为主的思想,它不仅可用于制造过程,而且还可以用于服务过程,以改进和保证服务质量。

SPC的特点是:强调全员参加,人人有责;强调采用科学的方法来达到目的。它主要应用数理统计的方法,尤其是控制图。

2. SPC的理论要点

(1) 产品质量的统计观点:产品质量的统计观点是现代质量工程的基本观点,它有两种含义:①产品质量总是具有变异的;②产品质量的变异具有统计规律。正是基于这两点,休哈特提出了用统计理论来保证与改进产品质量的思想,控制图就是在这种思想指导下产生的。

(2) 异常因素就是主要矛盾。如前所述,引起工序质量波动的因素分为随机因素和异常因素两大类。其中随机因素对产品的影响比较小,通常难于识别,也难以消除;而异常因素对产品质量的影响很大,在生产过程中偶然存在,易于识别,也易于消除。因此,在正常生产过程中一旦发现异常因素,应尽快把它找出来,并采取措施将其消除,这就是抓主要矛盾。控制图是发现异常因素的科学工具。

(3) 稳定(受控)状态是工序控制追求的目标。在生产过程中,只有随机因素而没有异常因素的状态称为稳定状态,也叫统计控制状态。在统计控制状态下,对产品质量的控制不仅可靠而且经济,所产生的不合格品最少。因此,稳定生产是工序控制所追求的目标。

(4) 预防为主是统计工序控制的重要原则。

(5) 诊断理论是SPC的重要发展。休哈特的控制图只能显示异常状态是否发生,而不能告诉我们发生异常的原因,以及异常发生在何处。工序诊断则可以解决这个问题。

(6) SPC的系统分析方法。SPC不是从孤立的一道工序出发,而是从上、下工序的相互联系中进行分析。从一条生产线的整体上对质量问题进行系统的分析,是SPC分析方法的主要特色之一。

3. 统计工序控制的步骤

进行统计工序控制应该遵循以下步骤:

(1) 进行SPC方法的培训。SPC方法的培训内容主要有以下各项:

- 1) SPC的重要性
- 2) 正态分布等基本统计理论
- 3) 质量管理的新老七种工具,重点是控制图理论。
- 4) 制定工序流程图和工序控制标准的方法等。

(2) 确定关键因素

1) 对每道工序都要进行分析(可用因果图),找出对产品质量影响最大的因素(可用排列图)。

2) 找出关键因素后,列出工序流程图,即在图中按工艺流程顺序将每道工序的关键因素列出。

(3) 提出控制标准

1) 对每个关键因素进行详细分析。

2) 对每个关键因素确定控制标准,并填写工序控制标准表,如表6.3所示。

(4) 编制操作手册。将工序控制标准编制成明确易懂、便于使用的操作手册,供各项工序使用。

表 6-3 工序控制标准表格

姓名/性别	控制点	控制因素	文件号	制定日期
控制内容				
检验标准				
检验程序				
数量规定				
数据报告表				
控制图	有无健全	控制部	制定者	批准者
	控制部	审查	制定日期	
加工精度				
操作程序				
检验程序				
制定者		审核者		

(5) 工序过程控制。主要应用控制图对工序进行监控。通过监控,能够清楚地了解关键因素是如何受控的。根据监控实践,对操作手册进行修改。

(6) 工序诊断和控制

- 1) 可以运用传统的质量管理方法,如七种统计工具进行分析。
- 2) 也可以应用工序诊断理论,对工序进行分析与诊断。
- 3) 根据分析和诊断结果,采取措施对工序实施控制。

推行 SPC 的效果是非常显著的。例如,美国 ITT 钢铁公司在实施了 SPC 后,劳动生产率提高了 20% 以上;在日本,从 1950 年起经过近 30 年的推广应用,使日本的产品质量和劳动生产率获得世界领先地位。

五、工序的诊断与调节

工序的诊断与调节是 20 世纪 70 年代末由日本青山大学田口玄一教授创立的,现已在全业中得到推广应用。

工序诊断与调节就是按一定的间隔抽样,通过对样本的测量值进行分析,尽快发现工序异常的原因,并迅速使工序恢复正常状态的一种质量控制方法。发现工序异常的原因称为工序诊断;消除异常因素,使工序恢复正常,称为工序调节。因此,工序的诊断与调节是维持工序稳定、保证工序能力处于理想状态的有效方法。

那么,我们应该每隔多少时间或产品对工序进行一次抽样诊断呢?诊断过于频繁,即诊断间隔小,能及时发现工序异常并加以调节,但无疑会增加诊断的费用;诊断间隔过大,虽然可减少诊断费用,但因不能及时发现工序异常而加以调节,工序会产生大量不合格品导致不合格损失费用增加。因此诊断调节间隔的大小,将直接影响工序诊断调节费用的高低,进而影响企业质量管理的经济效益。为了获得最好的经济效益,就必须找出能使工序诊断调节费用最低的诊断间隔,即最佳诊断间隔。

1. 工序诊断和调节的基本要素和参数

工序诊断
和不合格品
如调节时间
(1) 不良
指数之比值。

当故障发
(2) 不良
(元)。
(3) 材料
表示。若检
(4) 诊断
(5) 调
钟)
(6) 调
用,主要出
用。

式中, C_i 为
2. 费用
若以生
品的平均

式中, B/σ
分摊的调节
隔间隔为 μ
在每生
观察。产品
任何一件都
变化,最好
元。平均
例 6.5
隔 (即 15
次需时 3
件,试计算
解 三
件,代入

供各道

工序诊断与调节中所涉及的参数主要有以下几种: 1. 表征工序的参数, 如平均故障间隔 μ 和不合格品损失 A ; 2. 表征诊断的参数, 如时滞长度 l 和诊断费用 B ; 3. 表征调节的参数, 如调节时间长度 t 和调节费用 C 。

(1) 平均故障间隔 μ 。平均故障间隔 μ 是某一时间段内, 产品产量与该时间段内发生故障数之比例。即:

$$\mu = \frac{\text{某一时间段的产量}}{\text{同时段内的故障数}}$$

当故障次数为零时, μ 取该时间段内产量的 2 倍。

(2) 不合格品损失 A 。不合格品损失 A 是指当工序发生异常时, 制造单位产品的损失 (元)。

(3) 时滞长度 l 。时滞长度 l 是指从开始诊断到调节为止的时间间隔, 通常用产品件数表示。若检查时间与其他时间重合, 则 $l=0$ 。

(4) 诊断费用 B 。诊断费用 B 是指诊断一次所需的费用 (元)。

(5) 调节时间长度 t 。调节时间长度 t 是指由于故障而引起的平均停工时间 (小时或分钟)。

(6) 调节费用 C 。调节费用 C 是指当工序发生异常时, 使之恢复到正常状态所需的费用, 主要由调节期间的停工损失和由于调整设备、更换工夹具或改变工艺方法等所需的费用。

$$C = C_1 + C_2$$

式中, C_1 为调节时间内的单位时间损失, 单位为元; C_2 为直接调节费用, 单位为元。

2. 费用函数

若以生产 n 件产品的时间为间隔进行诊断与调节, 并设 L 为 n 件时间间隔内生产单位产品的平均诊断与调节费用, 则费用函数可表示为:

$$L = \frac{B}{n} + \frac{n+1}{2} \frac{A}{\mu} + \frac{C}{\mu} \quad (6-14)$$

式中, B/n 为 n 件时间间隔内单位产品的诊断费用; C/μ 为平均故障间隔下, 每件产品平均分摊的调节费用; $(n+1)/2 \cdot (A/\mu)$ 为时间间隔为 n , 平均故障间隔为 μ 时, 每件产品分摊的不合格品损失, 其中, $(n+1)/2$ 是平均不合格品的件数。

在每生产 n 件零件进行一次诊断的条件下, 假设在第 i 个诊断点 (即第 i 个零件) 抽样观察, 产品被判为合格。在第 $i+1$ 个诊断点被判为不合格时, 则从第 i 件到第 n 件产品间, 任何一件都可能会因为工序发生随机故障而变为不合格品。即不合格品数可能从 1 到 n 之间变化, 最好情况为 1 件, 最坏情况为 n 件, 平均为 $(n+1)/2$ 件。而每件不合格品损失为 A 元, 平均每隔 μ 件发生一次故障, 所以单位产量所分摊的损失即为 $[(n+1)/2] \cdot (A/\mu)$ 元。

例 6-5 某生产工序在过去某一时间段内共生产零件 12000 件, 在此期间共发生 15 次故障 (即 15 件不合格品); 产生一件不合格品的损失为 10 元; 一次诊断的费用为 20 元; 诊断一次需时 30min, 此期间共可生产 5 件产品; 平均每次调节费用为 80 元, 诊断间隔 $n=160$ 件, 试计算工序诊断调节费用。

解 已知 $A=10$ 元, $B=20$ 元, $C=80$ 元, $\mu=12000$ 件/15=800 件, $l=5$ 件, $n=160$ 件, 代入式 (6-14) 得:

解关

生产
和分

在企

工序
为工
维持即诊
量
致
进
制

$$L = \left[\frac{20}{160} + \frac{161}{2} \times \frac{10}{800} + \frac{80}{800} + \frac{10 \times 5}{800} \right] \pi = 1.2938 \pi$$

如果把诊断间隔缩短, 改为 $n=80$ 件, 则:

$$L = \left[\frac{20}{80} + \frac{81}{2} \times \frac{10}{800} + \frac{80}{800} + \frac{10 \times 5}{800} \right] \pi = 0.9188 \pi$$

如果把诊断间隔延长为 $n=240$ 件, 则:

$$L = \left[\frac{20}{240} + \frac{241}{2} \times \frac{10}{800} + \frac{80}{800} + \frac{10 \times 5}{800} \right] \pi = 1.7521 \pi$$

上述计算结果表明, 工序诊断与调节费用是随诊断间隔而发生变化的。因此, 选择合适的诊断间隔可以显著提高工序诊断调节的经济性。

3. 最佳诊断间隔

最佳诊断间隔是指使工序诊断与调节费用达到最小的诊断间隔, 通常以 n_0 为标记。选择适宜的诊断间隔 n 可以显著提高工序诊断调节的经济性。事实上, 在式 (6-14) 中, 求 L 对 n 的微分, 就可得到最佳诊断间隔 n_0 。

$$n_0 = \sqrt{\frac{2\mu R}{A}}$$

在上例中, 最佳诊断间隔为:

$$n_0 = \sqrt{\frac{2\mu R}{A}} = \sqrt{\frac{2 \times 800 \times 20}{10}} \text{ 件} = 57 \text{ 件}$$

把 $n=57$ 代入式 (6-14) 中, 就得到最佳诊断间隔条件下的工序诊断调节费用:

$$L = \left[\frac{20}{57} + \frac{58}{2} \times \frac{10}{800} + \frac{80}{800} + \frac{10 \times 5}{800} \right] \pi = 0.8759 \pi$$

将最佳费用与上述 n 取 80 件、160 件和 240 件所对应的费用相比较, 可取得如下经济效益:

$$\nabla E_1 = (0.9188 - 0.8759) \pi = 0.0429 \pi$$

$$\nabla E_2 = (1.2938 - 0.8759) \pi = 0.4179 \pi$$

$$\nabla E_3 = (1.7521 - 0.8759) \pi = 0.8762 \pi$$

以年产 60000 件计算, 采用最佳诊断间隔每年至少可得经济效益:

$$\nabla E = (0.0429 \times 60000) \pi = 2574 \pi$$

4. 工序诊断与调节的优化

(1) 改善基本要素的参数水平。就工序而言, 参数有平均故障间隔 μ 和单位不合格品损失 A 。因此, 应在增加工序稳定性的基础上, 采取下述有助于延长 μ 和降低 A 的措施:

- 1) 定期更换工具, 以减少工序故障, 可以延长 μ 。
- 2) 延长工具寿命, 通过试验确定费用最小时的寿命, 可以延长 μ 。
- 3) 采用备用工装, 减少工序故障, 可以延长 μ 。
- 4) 控制不合格品率, 可以降低 A 。

最优不合格品率可由式 (6-14) 得:

$$p_0 = \frac{n+1}{2} \times \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu}$$

(2) 改善诊断方法。从工序诊断方面而言, 方法的改进应导致诊断费用 R 和时滞 t 的缩

短。优化诊断方

1) 提高诊

2) 优化确

工序诊断要支

合格品, 然后

(3) 改善

低, 可采取的

1) 增设工

停工损失 C 和

2) 采用自

态, 采用自动

控制图是
零部件的制造

一、控制

(一) 控制

控制图是
中工序质量随
施, 使工艺过
后期首创的,

1) 当然也

控制图
质量特性值,

同间隔抽样
量数据随时

控制图
线, 简称中

更。优化诊断方法的措施有:

1) 提高诊断效率

2) 优化确定诊断时机。即在加工后诊断和装配工序反馈诊断两种方法上作出选择。加工后诊断要支付费用,但可避免减少。装配工序反馈诊断是由装配工序使用零件时自然发现不合格品,然后把信息反馈给加工工序,这时不需要支付诊断费用,但时滞较大。

(3) 改善调节方法。就调节方法而言,方法的改进可导致调节时间缩短,调节费用降低。可采取的主要措施有:

1) 增设工、模、夹具和易损等备用件。这样既可缩短调节时间 t ,又可减少单位时间停工损失 C 和直接调节费用 C' 。

2) 采用自动调节装置。在工序发生异常时,工序能够自动进行调节并恢复到正常状态。采用自动调节装置无疑可以缩短调节时间 t ,但能否降低调节费用 C' 则需作经济分析。

第四节 控制图理论

控制图是一种有效的工序质量控制工具,它可以预防废次品的产生,控制和提高产品及零部件的制造质量。自从控制图理论出现以来,它在质量工程中发挥了重要的作用。

一、控制图概述

(一) 控制图的基本概念

控制图是用来分析和判断工序是否处于稳定状态的一种图形工具。它通过监视生产过程中工序质量随时间波动的情况,判定工艺过程中是否出现异常因素,并采取相应的控制措施,使工艺过程的质量状态得到控制。控制图是美国质量管理专家休哈特在 20 世纪 20 年代后期首创的,经过几十年的不断发展和完善,至今已成为生产过程中质量控制的主要方法之一(当然也可用于管理过程的质量控制)。

控制图的基本形式如图 6-6 所示,它由平面直角坐标系构成,其纵坐标表示要被控制的质量特性值,横坐标为时间,时间的刻度为样本号。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),来获取过程质量的变化信息,正因为如此,控制图能反映出质量数据随时间变化的情况,这也是控制图与其他统计工具的主要区别所在。

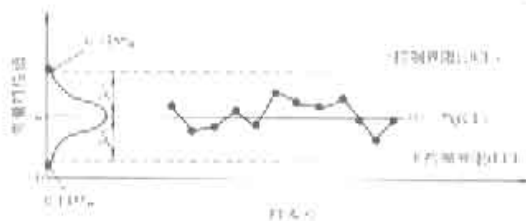


图 6-6 控制图的基本形式

控制图中设有三条平行于横轴的控制界限。如图 6-6 所示,中间一条实线为控制中心线,简称中线,符号记为 CL (Central Line),中线表示质量特性的标准值。上、下两条虚线

分别为上控制界限 (UCL, Upper Control Line) 和下控制界限 (LCL, Lower Control Line)。下控制界限反映了公差范围。在应用控制图时, 首先通过抽样检验, 测量需要控制的质量特性值数据, 并画点落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。通过分析质量折线的形状和变化趋势以及折线与一条控制线之间的相互关系, 便可以知道工序的质量状态。

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, 以防止工序失控、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, 应立即分析操作人员、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, 以防止不合格品的产生。

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

(二) 控制图的种类

1. 按控制图的用途分

(1) 分析用控制图。分析用控制图就是利用控制图对已经完成的生产过程进行分析, 以此评估该过程是否稳定, 也可以利用分析用控制图确认改进的效果。

(2) 控制用控制图。控制用控制图是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, 在应用上述两种控制图时, 应首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移去, 转化为控制用控制图。

2. 按控制对象质量数据的性质分

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值控制图有以下四种:

① 均值-极差控制图 (\bar{x} -R 图) ② 均值-标准差控制图 (\bar{x} -s 图) ③ 中位数-极差控制图 (\bar{x} -R 图) ④ 单值-移动极差控制图 (\bar{x} -R_{移动} 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:

① 不合格品率控制图 (p 图) ② 不合格品数控制图 (p _数 图) ③ 单位缺陷数控制图 (μ 图) ④ 缺陷数控制图 (c 图)

(三) 控制界限的确定

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。

在产品的生产总体的质量特性值范围内的概率值为 α 在 3σ 界限以外的一状态, 从而便产生过

如图 6-6 所示减 3 σ 作为上下控制的控制图形式, 以保证不合格品率

中心线: CL;

上控制界限:

下控制界限:

式中, μ 为成量

控制界限更

上控制界限

下控制界限

中心线: CL

式中, \bar{x} 为样本

下面以最常

由数理统计

x_1, x_2, \dots, x_n

\bar{x} 的期望值

R 的期望值

μ 和 σ 可通过

μ 的估计值

式中, \bar{x} 为 \bar{x} 的

出 (表 6-4)

所以, \bar{x} 图

在产品的生产过程中,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 3σ 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上实现受控的目的。

如图6-6所示,以质量特性值的平均值 μ (或 \bar{x})作为中线,取质量特性值的平均值加减 3σ 作为上下控制界限,这样作出来的控制图称为 \bar{x} 控制图,这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,人们一般都是按照 $\pm 3\sigma$ 原理控制质量,这样就可以保证不合格品率在0.3%以下。这时采用的控制图又称为 3σ 控制图。在 3σ 质量管理中,控制图的上、下控制界限是根据 $\pm 3\sigma$ 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, μ 为质量特性的平均值

控制界限更一般的表达式为:

上控制界限: $UCL = E(\bar{x}) + 3D(\bar{x})$

下控制界限: $LCL = E(\bar{x}) - 3D(\bar{x})$

中心线: $CL = E(\bar{x})$

式中, \bar{x} 为样本统计量; $E(\bar{x})$ 为 \bar{x} 的平均值; $D(\bar{x})$ 为 \bar{x} 的方差。

下面以最常用的均值-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,当质量特性值 x 服从总体为 $N(\mu, \sigma^2)$ 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 有下面的性质:

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

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

μ 和 σ 可通过样本容量为 n 的 k 组样本数据求得:

μ 的估计值 $= \bar{\bar{x}}$ σ 的估计值 $= \frac{R}{d_2}$

式中, $\bar{\bar{x}}$ 为 \bar{x} 的平均值; \bar{R} 为 R 的平均值; d_2, d_3 为在 n 确定的系数,可由控制图系数表查出(表6-4)。

所以, \bar{x} 图的控制界限为:

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

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

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

R 图的控制界限为:

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

Line), 上控
质量特性值
用线连接起
的形状也变

以预防工

分析时, 应
判断工序

分析操作
需的原因,
生不合格

设计因素

行分析,

保持过

因此,
进行
长、转

为计量

控制

制图

用控

$$LCL = E(R) - 3D(R) = d_1\sigma - 3d_2\sigma = \left(1 - 3\frac{d_2}{d_1}\right)R = D_1R$$

$$UCL = R$$

式中 d_1 、 d_2 、 D_1 是由 n 确定的系数。其值可以通过计算得到,也可由表 6.4 直接查出。

表 6.4 控制图系数表

系数	d_1	d_2	d_3	D_1	D_2	d_4	d_5	d_6	D_3
2	1.880	1.659	1.880	1.267		1.28	0.593		1.767
3	1.023	1.934	1.187	1.779		1.694	0.888		2.568
4	0.729	1.628	0.796	2.282		2.059	0.880		3.260
5	0.577	1.427	0.691	2.785		2.326	0.864		3.952
6	0.483	1.287	0.649	3.288		2.541	0.848	0.030	4.644
7	0.419	1.182	0.606	3.791	0.016	2.704	0.833	0.118	5.336
8	0.373	1.099	0.573	4.294	0.136	2.847	0.820	0.185	6.028
9	0.337	1.032	0.547	4.797	0.264	2.970	0.808	0.249	6.720
10	0.308	0.977	0.526	5.299	0.392	3.078	0.797	0.314	7.412

其他类型控制图的控制界限的确定方法与 $\bar{x}-R$ 图类似,而且几种常用控制图的控制界限目前已标准化,是国家标准 GB/T 4091—2001。常用控制图控制界限计算公式如表 6.5 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 6.5,就可直接得到所需控制图的控制界限了。

表 6.5 常规控制图的控制界限及应用范围

序号	质量数据分布形式	控制图名称	代号	名称	中心线	控制界限	标准	应用范围
1		均值-极差控制图	$\bar{x}-R$	\bar{x} 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_2 R$	GB/T 4091.2	计量值数据控制,适用于较宽
				R 图	\bar{R}	$D_4 R, D_3 R$		
2	正态分布	均值-标准差控制图	$\bar{x}-S$	\bar{x} 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 S$	GB/T 4091.3	计量值数据控制,控制力较弱
				S 图	\bar{S}	$B_4 S, B_3 S$		
3	计量值数据	中心数-标准差控制图	$\bar{\bar{x}}-S$	$\bar{\bar{x}}$ 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 S$	GB/T 4091.4	计量值数据控制,控制力较弱,适用于加工时间
				S 图	\bar{S}	$B_4 S, B_3 S$		
4		单值-移动标准差控制图	$\bar{x}-R_m$	\bar{x} 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm 2.66 R_m$	GB/T 4091.5	计量值数据控制,用于短时间内不能取得一个数据均符合
				R_m 图	\bar{R}_m	$(1.12 - 1.16) \bar{R}_m$		

序号	质量数据分布形式	控制图名称	代号	名称	中心线	控制界限	标准	应用范围
5	正态分布	均值-标准差控制图	$\bar{x}-S$	\bar{x} 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 S$	GB/T 4091.3	计量值数据控制,控制力较弱
6	正态分布	均值-标准差控制图	$\bar{x}-S$	\bar{x} 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 S$	GB/T 4091.3	计量值数据控制,控制力较弱
7	正态分布	均值-标准差控制图	$\bar{x}-S$	\bar{x} 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 S$	GB/T 4091.3	计量值数据控制,控制力较弱
8	正态分布	均值-标准差控制图	$\bar{x}-S$	\bar{x} 图	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 S$	GB/T 4091.3	计量值数据控制,控制力较弱

(四) 控制

一般来讲,

(1) 明确

用控制图的目的

的质量特性数

(2) 确定

的、可控、易

道工序加工质

特性,对经济

(3) 选择

其选择过程如

(4) 绘出

折线,分析判

别,则追查原

(5) 绘出

可延长控制图

(6) 进

在控制图上

降低的信息,

制度化。

(7) 修

控制界限。7

1) 通

(续)

环境	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	适用范围
1	正态分布 数据	不合格品率控制图	p	p图	\bar{p}	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	GB/T 4091.6	多数场合
2	正态分布 数据	不合格品数控制图	pn	pn图	\bar{pn}	$\bar{pn} \pm 3\sqrt{\bar{pn}(1-\bar{p})}$	GB/T 4091.7	少数场合
3	正态分布 数据	单位缺陷数控制图	u	u图	\bar{u}	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	GB/T 4091.8	多数场合
4	正态分布 数据	缺陷数控制图	c	c图	\bar{c}	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	GB/T 4091.9	少数场合

(四) 控制图的应用程序

般来说, 控制图的应用程序如下。

(1) 明确采用控制图的目的。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。

(2) 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; 对经济性、安全性和可靠性有重大影响的质量特性等。

(3) 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, 其选择程序如图 6-7 所示。

(4) 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, 则追查原因, 采取措施, 直到过程回到受控状态。

(5) 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。

(6) 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, 如果出现质量降低的信息, 应采取措措施消除异常; 如果出现质量提高的信息, 应总结经验, 进行标准化和制度化。

(7) 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, 还应进行不定期的修订:

1) 通过对积累的数据进行分析, 表明工序质量发生了显著的变化。

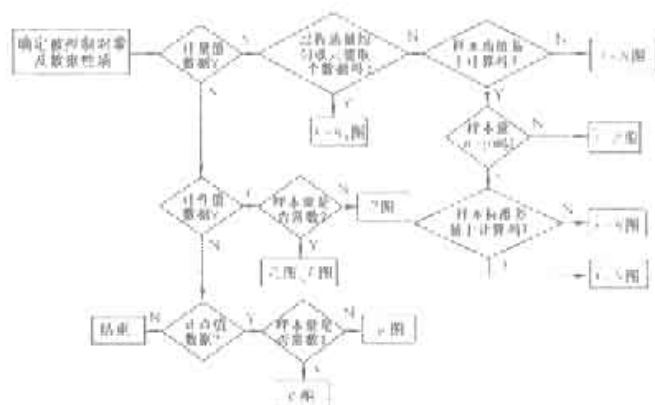


图 6-7 片断图类型的选择

- 2) 工艺条件如材料成分、工艺方法、工艺装备和环境条件发生了显著变化。

修正时, 应重新收集数据, 通过第 (4)、第 (5) 两步, 得到新的控制界限

二、控制图的绘制

(一) 计量值控制图的绘制

根据概率论知识可知, 计量数据服从正态分布, 其均值 μ 和标准差 σ 等特征量都是各自独立的不相关参数, 应分别加以控制。如采用 \bar{x} 图、 s 图、 $\bar{x}-s$ 图来控制质量值数据分布中心 μ , 而用 R 图、 S 图、 $R-S$ 图来控制质量特性值数据的标准差 σ 。在计量值控制图中, 在数据分布中心方面, \bar{x} 图检出力最强, $\bar{x}-s$ 图检出力次之, s 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 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的图种。

1. $\bar{x}-R$ 控制图的应用

④ \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、时间和生产率等计量值的情况。⑤ 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。

现以例 6-6 来说明 \bar{x} - R 控制图的应用步骤

例 6.6 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。对直径进行质量控制。

解 活塞环零件的 ϕR 控制图应用步骤如下:

(1) 准备数据的收集。随机抽取近期生产的 25 组活塞环直径样本, 每个样本仅含 5 个活塞环直径的观察值, 如表 6-6 所示。

序 号	年 限	年 度
1	74	
2	73	
3	72	
4	71	
5	70	
6	69	
7	68	
8	67	
9	66	
10	65	
11	64	
12	63	
13	62	
14	61	
15	60	
16	59	
17	58	
18	57	
19	56	
20	55	
21	54	
22	53	
23	52	
24	51	
25	50	

02 11 W:

10 三[算 組

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

91. 30.3

表 6-6 活塞环直径的数据表

单位: mm

样本序号	观测值		x_i		R_i	
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	0.027
2	74.005	73.992	74.000	74.011	74.001	0.010
3	74.006	74.023	74.015	74.003	74.009	0.016
4	74.002	74.006	74.004	74.013	74.009	0.009
5	73.997	74.002	74.015	73.988	74.014	0.026
6	74.009	74.004	74.007	73.983	74.003	0.024
7	74.003	74.006	74.004	74.000	74.003	0.003
8	73.988	74.003	73.993	74.015	73.998	0.022
9	74.008	74.003	74.009	74.005	74.004	0.004
10	73.998	74.000	73.999	74.007	73.995	0.012
11	73.994	73.999	73.994	73.995	73.996	0.001
12	74.004	74.000	74.002	74.000	73.996	0.006
13	74.003	74.012	73.998	73.997	74.012	0.014
14	74.006	74.007	74.001	74.003	73.984	0.017
15	74.012	74.014	74.009	74.009	74.007	0.002
16	74.003	73.984	74.003	73.998	73.996	0.007
17	74.004	74.012	74.006	74.005	74.007	0.002
18	74.006	74.010	74.012	74.003	74.000	0.012
19	74.004	74.002	74.013	74.003	73.997	0.006
20	74.000	74.010	74.011	74.020	74.003	0.009
21	74.005	74.002	74.009	74.003	73.996	0.013
22	74.004	74.009	74.006	74.006	74.009	0.003
23	74.010	73.984	74.000	74.009	74.014	0.015
24	74.014	74.003	74.003	74.006	74.010	0.004
25	74.002	74.004	74.005	74.017	74.013	0.008
合计					1850.024	0.581
平均					$\bar{x} = 74.001$	$\bar{R} = 0.023$

(2) 计算统计量

1) 计算每一组样本的平均值 $\bar{x}_i = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 x_{ij}$, 填入表 6-6 中。如第一组为:

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

2) 计算每一组样本的极差 R_i , 填入表 6-6 中。如第一组为:

$$R_1 = x_{1, \max} - x_{1, \min} = (74.030 - 73.992) \text{ mm} = 0.038 \text{ mm}$$

3) 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 $\bar{\bar{x}} = 74.001 \text{ mm}$ 。

量都是各
据的分布
图中。在
然标准差
。其给出
制子。S
图成为首

对象为长
数值均值

对直径进

包含 5 个

4) 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 $\bar{R} = 0.023 \text{ mm}$ 。

(3) 计算 \bar{x} 图和 R 图的控制界限。由表 6-4, 当 $n=5$ 时, 可查得: $A_2 = 0.577$, $D_4 = 2.115$, D_3 不考虑 (当 $n=5$ 时, D_3 为负数)。又由表 6-5 查得:

\bar{x} 图的控制界限:

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

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

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

R 图的控制界限:

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

$LCL = D_3 \bar{R}$ (由于 D_3 为负数, 导致极差 R 下控制界限为负值, 故不考虑)

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

(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。本例图形如图 6-8 所示。

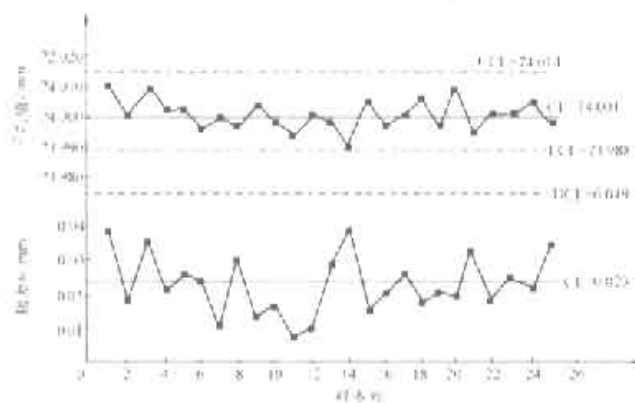


图 6-8 $\bar{x}-R$ 控制图

(5) 作控制用控制图。从图 6-8 可以看出, \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 6-8 的控制界限加以延长, 作为控制用控制图。

(6) 記入有关事宜。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. $\bar{x}-R_i$ 控制图的应用

单值-移动极差控制图 ($\bar{x}-R_i$ 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, 所以简便省事, 它主要应用于以下场合:

- (1) 希望尽快
- (2) 只能获得
- (3) 过程质量
- (4) 数据的数
- (5) 测量数据

单值-移动极差

变化。

例 6-7 在炼

时间, 试采用 $\bar{x}-R$

解 应用 $\bar{x}-R$

(1) 预备数

每组样本容量 $n=$

组号	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	

(2) 计算

1) 计算 \bar{x}

极差 R_i 不存

其余各组

2) 计算

3) 计算

- (1) 希望尽快发现和消除异常原因。
- (2) 只能获得一个测定值。
- (3) 过程质量均匀, 不需要测取许多数据。
- (4) 数据的取得需要很长的时间。
- (5) 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优点, 缺点是不易发现过程平均值的变化。

例 6-7 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, 试用 $\bar{x}-R$ 控制图对其进行控制。

解 应用 $\bar{x}-R$ 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, 如表 6-7 所示, 每组样本容量 $n=1$ 。

表 6-7 化学成分的测定数据

组号	测定值 x_i	移动极差 R_i	组号	测定值 x_i	移动极差 R_i
1	67.00		13	66.98	0.03
2	67.05	0.05	14	66.91	0.07
3	66.99	0.06	15	67.01	0.03
4	67.09	0.10	16	66.94	0.09
5	67.02	0.02	17	66.90	0.03
6	67.26	0.19	18	67.06	0.18
7	67.09	0.26	19	66.89	0.17
8	67.06	0.06	20	67.19	0.30
9	66.92	0.14	21	67.04	0.10
10	67.11	0.19	22	67.21	0.19
11	67.07	0.09	23	67.03	0.19
12	67.15	0.13	24	67.04	0.0
13	66.93	0.22	25	1676.01	2.94

(2) 计算统计量

1) 计算每一组样本的移动极差 R_i , 记入表 6-7 中。如表 6-7 所示, 第一组样本的移动极差 R_1 不存在; 第二组的移动极差 R_2 为:

$$R_2 = |x_2 - x_1| = |67.05 - 67.00| = 0.05$$

其余各组的移动极差值的计算依此类推。

2) 计算 25 组样本的平均值 \bar{x} :

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

3) 计算 25 组样本移动极差的平均值 \bar{R}_1 :

$$\bar{R}_1 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k R_i = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{25} R_i = \frac{2.94}{24} = 0.12$$

$A_1 = 0.577$ 。

两个图的
据, 在控

多活案
与控制

特性;
经过

于作
了事。

(3) 计算 \bar{x} 图及 R 图的控制界限。由表 6-5 查得:

\bar{x} 图的控制界限

$$UCL = \bar{x} + 3.66R_s = 67.04 + 3.66 \times 0.12 \approx 67.36$$

$$LCL = \bar{x} - 3.66R_s = 67.04 - 3.66 \times 0.12 \approx 66.72$$

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

R 图的控制界限

$$UCL = 3.267R_s = 3.267 \times 0.12 \approx 0.39$$

$$LCL = 0$$

$$CL = R_s = 0.12$$

(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, 作 $\bar{x}-R$ 控制图。图形如图 6-9 所示。

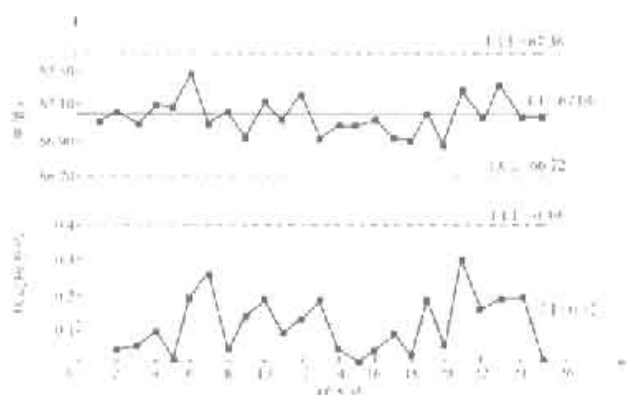


图 6-9 $\bar{x}-R$ 控制图

(5) 作控制用控制图。从图 6-9 可以看出, \bar{x} 图和 R 图都处于稳定状态, 表明炼钢过程的技术状态稳定, 可将图 6-9 控制界限加以延长, 作为控制用控制图。

(6) 記入有关事宜 (略)。

(二) 计数值控制图的绘制

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 p 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 图)。

1. 不合格品数控制图 (p 控制图)

设 n 为样本大小, p 为不合格品率, 则 pn 为不合格品个数, 所以人们采用 p 作为样本中不合格品数的记号。 p 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 6-8 某厂生产一种零件, 规定每批 100 件为一个样本, 试用 p 控制图对其质量进行控制。

解 该零件生产

(1) 准备数据表
量 $n=100$, 共计 250

炉号	1	2	3
不合格品数 p_i	4	5	6
样本量 $n=100$	100	100	100

(2) 计算统计量

(3) 计算平均不

2) 计算 25 组

(3) 计算控制

$UCL = 7$

(4) 作分析用

中

(5) 作控制

力指数达到规定

(6) 記入有

2. 不合格品

不合格品率

例 6-9 某厂

解 该产品

(1) 准备数

如表 6-9 所示

解 该零件生产过程质量控制的 p 控制图的建立步骤如下:

(1) 预备数据收集 通过连续 25 天的抽样检验共收集 25 组零件样本数据, 每组样本容量 $n=100$, 共计 2500 个数据。查得各组的合格品数 p_i 如表 6-8 所示。

表 6-8 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 p_i	2	4	0	6	1	3	2	2	5	4	3	1	2	0	3	0	6	0	4	4	7	0	6	4	4

样本容量 $n=100$, 样本组数 $k=25$, 不合格品总数 $\sum p_i=64$

(2) 计算统计量

1) 计算平均不合格品率 \bar{p} :

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

2) 计算 25 组样本的平均不合格品数 \bar{p}_i :

$$\bar{p}_i = \frac{\sum p_i}{k} = \frac{\text{不合格品总数}}{\text{样本组数}} = \frac{64}{25} = 2.56$$

(3) 计算控制界限 由表 6-5 查得:

$$UCL = \bar{p}_i + 3\sqrt{\bar{p}_i(1-\bar{p}_i)} = 2.56 + 3\sqrt{2.56 \times (1-0.0256)} = 7.40$$

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

(4) 绘出所用控制图 根据所计算的控制界限数值, 作 p 控制图, 图形如图 6-10 所示。

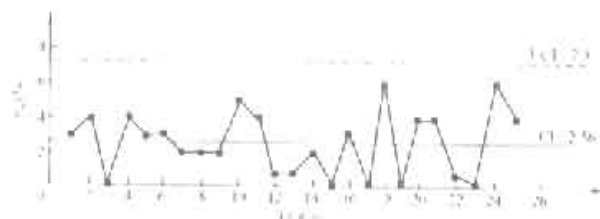


图 6-10 某零件生产的 p 控制图

(5) 作控制用控制图 从图 6-10 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 6-10 的控制界限加以延长, 作为控制用控制图。

(6) 输入有关事项(略)。

2. 不合格品率控制图 (p 图)

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

例 6-9 某产品装配的交验批批量不等, 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 组产品的数据, 每组的批量和不合格品数 p_i 如表 6-9 所示。

则 α 增大, 而 β 减少。因此, 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。

2. 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, 它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, 如图 6-23 所示, 在控制图应用过程中, 犯第 II 类错误的概率 β 为:

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

式中, Φ 为正态分布概率密度函数; k 为控制界限系数, 当采用 3σ 原则时, $k=3$; δ 为产品质量特性均值的偏移系数, $\delta = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{\sigma_0}$; μ_0 为正常状态下的产品质量特性均值; μ_1 为异常状态下的产品质量特性均值; f 为产品质量特性标准差变动系数, $f = \frac{\sigma_1}{\sigma_0}$; σ_0 为正常状态下的产品质量特性标准差; σ_1 为异常状态下的产品质量特性标准差; n 为抽样检验的样本大小。

控制图的检出力为:

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

第五节 常用统计工具

质量管理中常用的统计工具有七个, 上一节已经详细地介绍了控制图, 本节介绍其他八个工具。实践中, 这些工具常常是配合使用的。

一、分层法

分层法也称分类法或分组法。它是将质量数据归类整理的一种统计分析方法。在生产过程中, 造成质量波动的原因是多方面的, 因此, 我们所收集的质量数据往往带有综合性, 为了真实地反映质量问题的实质性原因和变化规律, 将收集到的大量质量数据按其来源进行分类后, 再进行质量分析的方法就称分层法。分层法是分析质量影响因素的一种有效工具, 它能将杂乱无章的数据和错综复杂的因素按不同的分类目的、性质、来源等加以分类, 使之条理化 and 系统化, 以便抓住主要矛盾, 找到影响质量的主要因素, 从而采取相应的措施。分层法可以和质量管理中的其他方法联合使用, 形成分层排列图、分层相关图等, 以提高分析研究的效率和质量。

在确定分层依据时, 应使同一层内的质量数据在性质上的差异尽可能小, 而层与层之间的差别尽可能大。在分析质量影响因素时, 一般可按以下几种特征进行分层:

- (1) 按时间分层。如可按季、月、周、日、班次、上午、下午等来分层。
- (2) 按操作人员分层。如按男工人、女工人、老工人、新工人、不同的技术等级等分层。
- (3) 按使用的机器设备分层。如按设备种类、型号、精度等级、工装夹具等分层。

(续)

市场情况或生产特征	可采用的抽样标准或方案
i. 检验速度快	GB/T2828.1 的二次或五次方案, GB/T8051
j. 有必要知道产品特征的分布形状、位置、宽度	GB/T6378
k. 产品特征的分布是正态的	GB/T6378, GB/T8053, GB/T8054

表 8-9 选择抽样标准的指导 II

市场情况或生产特征	可采用的抽样标准或方案
a. 收货方不能通过反馈影响供货方改进产品质量, 孤立的一批或一批批	GB/T8051, GB/T13264, GB/T8053, GB/T8054, GB/T13262
b. 产品一旦接收, 供货方不再负责	GB/T8051, GB/T13264, GB/T8053, GB/T8054, GB/T13262
c. 接收少量不合格品不能造成重大损失	GB/T2828.1, GB/T6378, GB/T8051, GB/T13263
d. 等效严重的来源很多	考虑其他因素
e. 检验一个单位产品的费用不大	考虑其他因素
f. 非破坏性检验	考虑其他因素
g. 没有供货方产品质量历史, 或历史不好	GB/T2828.1, GB/T6378, GB/T8051 的加严检验
h. 随机抽样困难或费用大	GB/T2828.1 的一次抽样, GB/T6378
i. 检验时间长, 费用大	GB/T2828.1 的一次抽样, GB/T6378
j. 产品特征分布的形状、位置不重要	计数抽样, 计量抽样 (考虑其他因素)
k. 产品特征的分布是未知的或非正态的	计数抽样

第四节 计数标准型一次抽样方案及其应用程序

一、计数标准型一次抽样方案及其特点

计数标准型一次抽样方案就是同时控制生产方和使用方风险, 根据双方共同商定的 OC 曲线对单批产品进行一次抽样检验, 并根据抽样中不合格品的个数来判定这批产品是否合格的一种抽样检验方式。

计数标准型抽样方案从保护生产者的观点出发确定了一个批不合格品的允许值, 即可接受的质量水平上限 p_0 , 若待检的不合格品率低于或等于 p_0 时, 认为该批产品质量是好的, 应以高概率接收, 当批不合格品率等于 p_0 时, 此时的接收概率为 $L(p_0) = 1 - \alpha$; 另一方面, 该方案从保护使用者的观点出发, 确定了一个极限不合格品率 p_1 , 若待检批的不合格品率 $p \geq p_1$ 时, 认为该批产品质量不好, 应以高概率拒收, 此时的接收概率 $L(p_1) = \beta$, 应该是比较小的。因此, 对计数标准型抽样方案来讲, p_0 和 p_1 是两个很重要的参数, 其 OC 曲线应通过预先规定的两个点 $(p_0, 1 - \alpha)$ 和 (p_1, β) 。

计数标准型一次抽样方案能同时保护供需双方的利益, 又不需要提供待检批产品的质量数据, 譬如制造过程是否稳定、过程平均不合格品率等质量信息, 且易于实施。因此, 它适用于孤立批产品的抽样检验。GB/T13262《不合格品率的计数标准型一次抽样检验程序及抽

决。

二、调查表

调查表也称检查表,它是收集和整理质量原始数据的一种表格。因产品对象、工艺特点、调查目的和分析方法等不同,其调查表的格式也不一样。常用的调查表有:不合格项目调查表、缺陷位置调查表、不合格原因调查表、工序分布调查表等。

1. 缺陷位置调查表

这种调查表是用来调查产品各部位的缺陷情况的。可将该产品的草图或展开图画在调查表上,不同类型的缺陷可采用不同的符号或颜色来标记。表 6-15 所示是一张用来检查汽车车身喷漆质量的调查表。

表 6-15 汽车车身喷漆质量调查表

车型		检查部位	车身表面
工序		检查者	××××年×月×日
调查目的	漆缺陷	调查台数	2100



○色斑 ×剥落 ▲尘粒

2. 不合格项目调查表

不合格项目是指产品上不能满足质量要求的项目。为了查找不合格项目发生的原因,需要调查发生了哪些不合格项目,它们的比率有多大。为此,可以采用不合格项目调查表。表 6-16 所示为某合成树脂成型工艺使用的不合格项目调查表。表中一目了然地记载了所产生的不合格项目及发生频率。

表 6-16 某合成树脂工艺的不合格项目调查表

品名:		时间:	年	月	日
工序:最终检验		工:			
不合格种类:缺陷、加工不合格和形状不合格等		班组:			
检验总数:2250		检验员:			
备注:		合同号:			
不合格种类	检 验				小计
表面缺陷	正 正 正 正 正 正 正				32
砂眼	正 正 正 正 正				23
加工不合格	正 正 正 正 正 正 正 正 正 正				43
形状不合格	正				5
其他	正				8
	合 计				111

(4) 按操作方法分层。如按操作方法、操作条件、速度、温度、压力、流量、切削用量等分层。

(5) 按原材料分层。如按产地、生产厂、成分、尺寸、批量、型号等分层。

(6) 按检测手段分层。如可按测量者身份、所用仪器、抽样方法等分层。

(7) 按操作环境分层。如可按噪声、清洁程度、采光、运输形式等进行分层。

(8) 其他分层。如可按部位、工序、原因、故障项目等进行分层。

下面结合实例来说明分层法的应用。

例 6-12 某发动机装配车间, 气缸体与气缸盖装配好后, 经常发生漏油现象, 试用分层法分析其主要原因。

解 通过现场调查研究得知漏油的主要原因是密封不好。该装配工序是由甲、乙、丙三个工人各自完成的, 并发现漏油的主要原因是三个人在涂粘结剂的方法上不同, 所使用的气缸垫分别来自 A 和 B 两个协作厂。

调查的数据结果如下: 调查总数 50 个, 漏油 19 个, 漏油发生率 0.38。

现采用分层法按操作者和协作厂分层收集整理数据, 如表 6-12 和表 6-13 所示。

表 6-12 按操作者分层数据表

操作者	漏油数	不漏油数	漏油发生率
甲	6	13	0.32
乙	3	9	0.25
丙	10	9	0.53
合计	19	31	0.38

表 6-13 按协作厂分层数据表

协作厂	漏油数	不漏油数	漏油发生率
A	9	14	0.39
B	10	17	0.27
合计	19	31	0.38

对表 6-12 和表 6-13 进行分析发现, 操作者乙的漏油发生率最低, B 厂生产的气缸垫漏油发生率也比较低, 因此建议采用乙的操作方法, 选用 B 厂的产品, 然而结果是事与愿违, 漏油发生率反而增加了。经过研究发现, 失败的原因是没有考虑操作方法与气缸垫两者之间的联系, 应重新进行分层。考虑操作者与气缸垫之间联系的分层结果如表 6-14 所示。

表 6-14 操作者与协作厂联合分层数据表

			工厂		合计
			A	B	
操作者	甲	漏油	6	0	6
		不漏油	2	11	13
	乙	漏油	0	3	3
		不漏油	5	4	9
	丙	漏油	3	7	10
		不漏油	7	2	9
合计		漏油	9	10	19
		不漏油	14	17	31
总计			23	27	50

从表 6-14 可知, 在使用 B 厂的气缸垫时应采用工人甲的操作方法, 而在使用 A 厂的气缸垫时应采用工人乙的操作方法。结果采用以上对策就使该发动机的漏油问题得到圆满解

3. 不合格原因调查表

为了弄清各种不合格产品或不合格项目产生的原因,可以按影响工艺过程的人、机、料、法、环、测等分层标志进行分层调查,并填写不合格原因调查表。

4. 工序分布调查表

工序分布调查表是用来调查工序过程中各种质量特性出现频率的一种表格。在使用时,每测量一个数据,就在相应的栏目中作一标记,测量完毕,频数的分布状态也就显示出来了。表 6-17 为某工序的分布情况调查表。

表 6-17 工序分布调查表

名称: _____	时间: _____
用途: _____	工 种: _____
标准: _____	车间: _____
检查数: _____	检查者: _____
总数: _____	加工部位: _____
批号: _____	备注: _____

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	尺寸
频数																			
35																			
30																			
25																			
20																			
15																			
10																			
5																			
0																			
频数合计	1	5	6	3	10	18	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2	1	

三、排列图

排列图又称为主次因素分析图或帕累托图。利用排列图,可以快速地从影响质量的众多因素中找出主要因素。排列图最早是由意大利经济学家帕累托(V. Pareto)提出来的,他用该图来分析社会财富的分布状况时,发现少数人占有绝大多数财富,从而总结出“关键的少数,次要的多数”这一客观规律。朱兰博士将该原理应用到质量管理中。他认为,影响一个质量问题的因素可能有很多,但其中总有少数因素对质量问题起着决定性的作用,这就是“关键的少数”,如大多数废品是由少数人造成的,大部分设备故障是由少数几个原因

引起的等。我们解决质量问题,如果能有效地掌握“关键的少数”,就会取得事半功倍的效果。

通常把影响质量的因素分为以下三类:

(1) A类因素。A类因素也称为主要因素,累积频率在0~80%区间的因素为A类因素,它们的数量不多,但它是影响质量的关键因素。

(2) B类因素。B类因素也称为次要因素,它们是累积频率在80%~90%区间的因素。一般情况下,B类质量因素数量较A类因素多,但对质量的影响较A类因素小。

(3) C类因素。C类因素又称为一般因素,它们是累积频率在90%~100%区间的因素。通常它们的数量较多,但对质量的影响极小。

如图6-24所示,排列图由两个纵坐标,一个横坐标,若干个矩形柱和一条折线组成。具体地讲,左边的纵坐标表示频数或损失金额;右边的纵坐标表示累积频率或累积比例;横坐标表示影响质量的各种因素,并按频率大小依次排列;矩形柱的高度表示该因素发生的频数;折线代表各因素的累积频率曲线。折线按每个矩形柱右侧的最高点描出。下面结合实例说明排列图的作法。

例6-13 试用排列图分析某电信局电话故障缺陷的主要影响因素。

解 (1) 收集数据。一般是收集影响因素与结果频数之间的数据。本例收集的电话故障缺陷数据如表6-18所示。

表6-18 电话故障缺陷数据统计表

序号	因素	频数/次	百分比/(%)	累计百分比/(%)
1	噪声	240	48	48
2	串线	120	24	72
3	信号器	30	14	86
4	无反应	30	6	92
5	忙响	10	2	94
6	其他	30	6	100
合计		500	100	

(2) 频数排序。将电话故障期限的各影响因素按频数从大到小的顺序进行排列,并计算各自所占的比率和累积比率,结果填入表6-18中。

(3) 作直方图。按频数大小从左到右用直方表示,使图形呈逐个下降的趋势,但“其他”一个直方例外,“其他”项无论量值多人都应排列在最右端,所绘图如图6-24所示。

(4) 描线。以各个直方的右纵坐标为累计百分比,依次将表示各影响因素的直方连成条折线,如图6-24所示。

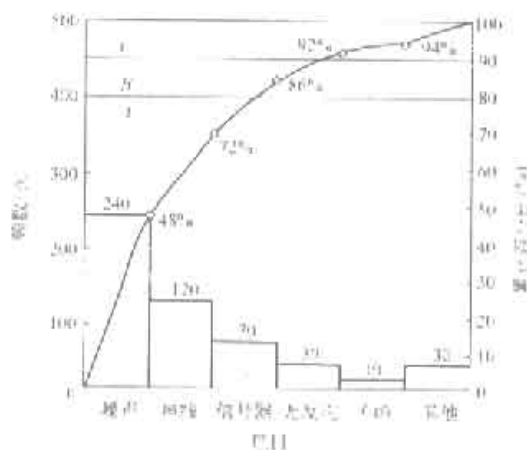


图6-24 电话故障缺陷排列图

从图 6-24 可知, 在 500 次投诉中, 主要是噪声和串线两项, 其累计百分比达到 72%。因此, 电信局如果集中技术力量消除通信中的噪声和串线故障就可以有效地减少用户的投诉。

四、因果图

因果图是分析质量问题与其影响原因之间关系的有效工具。因果图又称为鱼刺图、树枝图或石川馨图, 它是日本质量管理学家石川馨首先提出来的, 它在质量管理中应用非常广泛。

因果图的一般形式如图 6-25 所示。主干线表示要解决的质量问题; 操作者、机器、原材料、方法和环境表示造成质量问题的五大要素, 称为大原因; 每个大原因可能包括若干个中原因; 中原因下还可能有小原因或更小原因等。可以看出, 利用因果图可以分门别类地将影响质量的各种原因全部找出来, 并在图上一目了然地表示清楚。

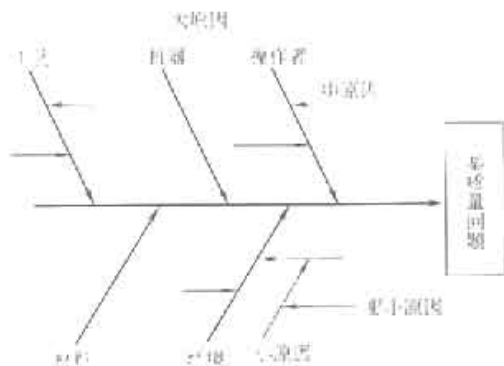


图 6-25 因果图的一般形式

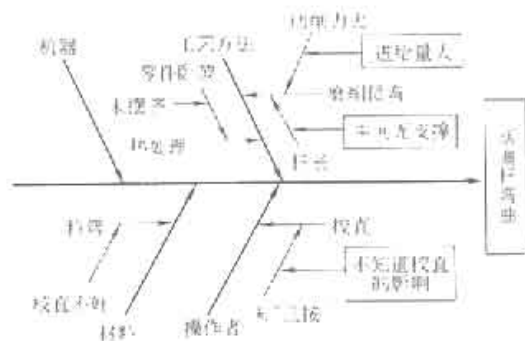


图 6-26 某活塞杆弯曲因果分析图

图 6-26 是某活塞杆零件弯曲的因果分析图, 图中清楚地显示了活塞杆零件弯曲与其产生原因之间的关系。如图所示, 造成活塞杆弯曲的主要原因有三个: 磨削时进给量过大; 杆长无支撑, 刚性差; 操作人员不知道校正的影响。

在作因果图时, 分析人员应熟悉工艺过程, 要开质量分析会; 大原因并不一定是主要原因, 主要原因可以用排列图或投票方法确定; 原因分析的层次应细到能采取措施为止, 要针对主要原因采取措施, 最后用排列图检查实施效果。

五、直方图

在质量管理中, 直方图是应用很广的一种统计分析工具。直方图通过对收集到的貌似无序的数据进行处理, 能反映出产品质量数据的分布特征, 过程能力指数等, 并能判断和预测产品的质量状况及不合格率。

1. 直方图的应用程序

(1) 收集数据。要求收集的质量数据 $n \geq 100$ 个, 数据收集过少则难以反映数据的统计特性, 容易作出错误的判断; 收集过多则计算分析工作量太大, 一般可取 $n = 100$, 然后将收集到的数据按顺序填在一张表中。

本例中所收集的质量数据如表 6-19 所示,它是某零件外径加工过程的质量数据,该零件外径尺寸公差要求为 $\phi 19^{+0.05}_{-0.05}$ mm。表中的质量数据值 = (实测数据 - 19) $\times 100$ 。

表 6-19 零件外径加工的质量数据

3	-1	2	0	-2	1	1	0	1	4
1	0	-1	2	1	0	2	0	0	1
2	1	2	2	4	1	2	1	2	4
1	0	2	1	1	1	5	2	-1	2
-1	1	1	2	4	0	-1	3	1	2
3	1	1	1	0	2	0	0	2	1
1	-1	-1	3	0	1	2	0	-2	1
1	-2	1	-1	3	1	2	1	1	3
1	0	1	1	1	0	0	1	3	0
2	1	3	1	-3	3	0	1	1	1

(2) 找出数据的最大值 x_{\max} 和最小值 x_{\min} , 并计算极差 R 。本例中:

$$x_{\max} = 5, x_{\min} = -3, R = x_{\max} - x_{\min} = 8$$

(3) 数据分组。把收集到的数据初步分成若干组,组数的多少应根据样本量决定。组数太少反映不出真实情况,组数太多又会减弱分布的规律性。一般情况下可按表 6-20 进行选择。本例中,样本总数为 100,所以取 $k = 10$ 。

表 6-20 样本总数与组数

样本总数 n	分组数 k
< 50	5 ~ 7
50 ~ 100	6 ~ 10
100 ~ 250	7 ~ 12
> 250	10 ~ 12

表 6-21 频数分布表

组号	组界限	中心值	频数
1	3.5 ~ -2.5	-3	1
2	2.5 ~ -1.5	-2	4
3	1.5 ~ -0.5	-1	10
4	0.5 ~ 0.5	0	18
5	0.5 ~ 1.5	1	35
6	1.5 ~ 2.5	2	17
7	2.5 ~ 3.5	3	9
8	3.5 ~ 4.5	4	4
9	4.5 ~ 5.5	5	1
合计			100

(4) 计算组距。组距 h 是组与组之间的间距,可按下式计算:

$$h = \frac{R}{k}$$

本例中:

$$h = \frac{R}{k} = \frac{8}{10} = 1$$

(5) 决定分组界限, 各组的界限值可以从第一组开始依次计算。本例中:

$$\text{第一组的下界: } -3 - \frac{h}{2} = -3.5$$

第一组的上界为其下界值加 1 组距, 即为: $-3.5 + 1 = -2.5$

依次类推便可得到各组的下、上界值, 填入表 6-22 中。

(6) 作频数分布表, 统计各组数据出现的频数, 填入表 6-21。

(7) 作直方图, 以组距为底长, 高为频数, 作各组的矩形图, 如图 6-27 所示。

2. 直方图的观察与分析

作直方图的目的是为了研究工序质量的分布状况, 判断工序是否处于正常状态。因此, 在直方图作好后, 还要进一步对它进行分析。

(1) 图形分析, 在正常生产条件下, 所得到的直方图应该呈正态分布, 否则, 就要分析原因, 采取措施。图 6-28 是实践中经常出现的非标准直方图的图形形状, 现分析如下:

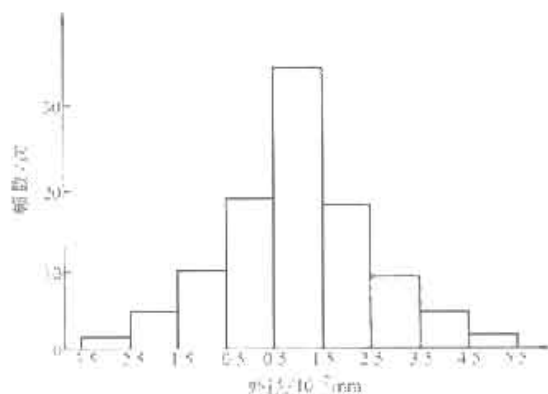


图 6-27 零件外径加工的直方图

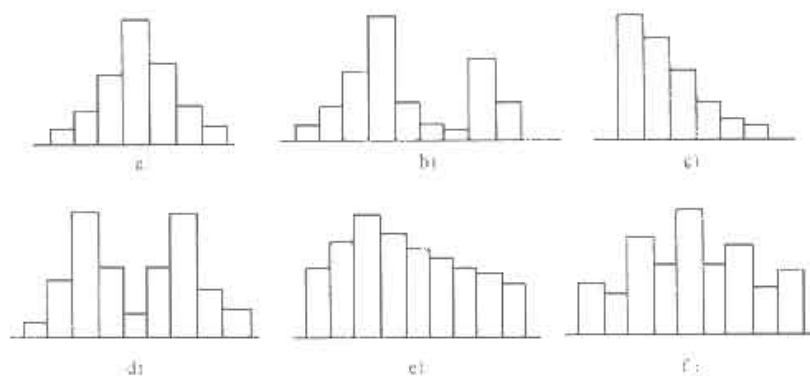


图 6-28 非标准的直方图的图形形状

a) 正常型 b) 孤岛型 c) 偏向型 d) 双峰型 e) 平顶型 f) 锯齿型

1) 正常型 (图 6-28a): 直方图基本符合正态分布, 说明过程处于正常状态。

2) 孤岛型 (图 6-28b): 在直方图旁边出现一个小直方图, 形同孤岛。这种形式的直方图通常是由工艺条件, 如人、机、料、法、环、测等条件发生突变造成的。

3) 偏向型 (图 6-28c): 直方图的图形偏向一侧, 形成不对称的图形。这种形式的直方图是操作者倾向性加工所造成的。

4) 双峰型 (图 6-28d): 直方图出现两个高峰。这种形式的直方图是质量数据来源于两种不同的生产条件所造成的。

5) 平顶型 (图 6-28e): 直方图的顶部呈现较大范围的平顶状。这种形式的直方图是由于过程中有缓慢变化的异常因素在起作用。

6) 锯齿型 (图 6-28f): 直方图的各组长方形出现参差不齐的形状。这种形式的直方图一般是由于分组过多或测量方法、工具上的差别过大所致。

(2) 直方图与质量标准 (公差 T) 的关系分析 (图 6-29)

1) 理想型 (图 6-29a): 它的分布中心与公差中心重合, 尺寸分散范围 $B < T$ 且略有富裕, 表明工序处于受控状态, 产品全部合格。

2) 无富裕型 (图 6-29b): 它的分布中心虽无偏移, 但 $B = T$ (工序能力指数 = 1), 表明工序能力不足, 应立即采取措施提高工序能力。

3) 能力富裕型 (图 6-29c): 它的分布中心无偏移, 且 $B \ll T$, 表明工序能力过大, 虽然无产生废品之虞, 但工艺过程的经济性差。

4) 能力不足型 (图 6-29d): 它的分布中心虽无偏移, 但 $B > T$, 表明工序能力不足, 会产生大量的废品, 应采取措施提高工序能力。

5) 偏心型 (图 6-29e): 它的分布中心偏移公差中心, 虽然 $B < T$, 过程也可能产生不合格品, 应采取措施消除偏移量。

6) 能力严重不足型 (图 6-29f): 它的分布中心严重偏移公差中心, 且 $B > T$, 过程将有大量废品产生, 应采取措施消除偏移量, 提高工序能力。

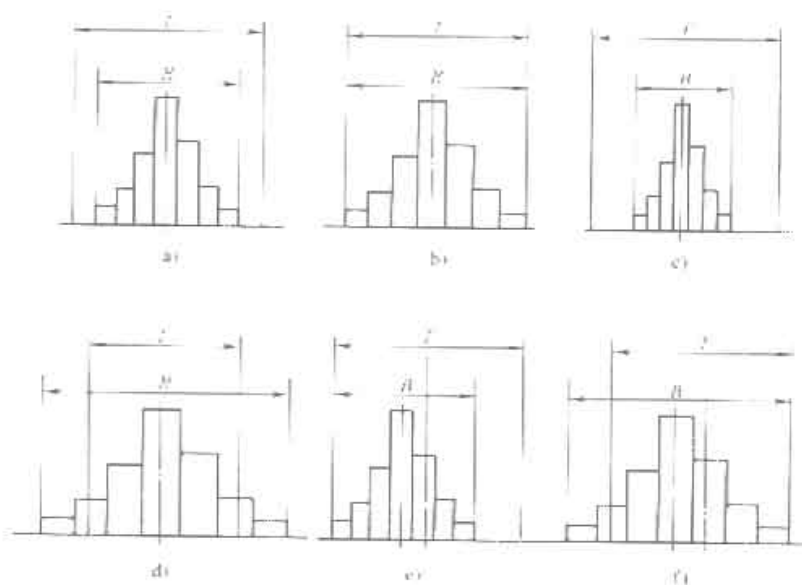


图 6-29 直方图与质量标准的比较

a) 理想型 b) 无富裕型 c) 能力富裕型 d) 能力不足型 e) 偏心型 f) 能力严重不足型

六、散布图

散布图又称为相关图, 它是研究两个变量之间关系的一种图形工具。

1. 散布图的类型

典型的散布图有六种类型,如图 6-30 所示。在工程应用时,我们将所绘制的散布图与这六种典型散布图进行比较,可以定性地确定其相关关系和程度。

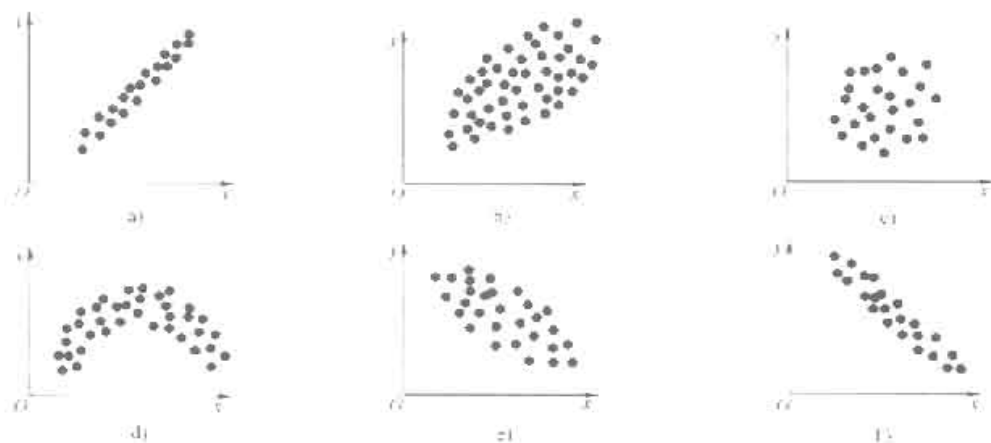


图 6-30 几种不同类型的散布图

a) 正强相关 b) 正弱相关 c) 不相关 d) 曲线相关 e) 弱负相关 f) 强负相关

如图 6-30 所示, a 图为正强相关, 即当 x 增大时, y 也增大, 两者表现为明显的相关关系; b 图为正弱相关, 即当 x 增大时, y 也有增大的趋势, 但这种趋势并不明显, 说明还有其他不可忽视的影响因素; c 图为不相关, 即当 x 增大时, y 的变化趋势很不明显; d 图为曲线相关, 即当 x 增大时, y 以某种曲线的形式随之变化; e 图为弱负相关, 即当 x 增大时, y 有减少的趋势, 但这种趋势并不明显, 说明还有其他不可忽视的影响因素; f 图为强负相关, 即当 x 增大时, y 随之减少。

2. 散布图的观察与分析

利用散布图上点子云的形态来确定两变量之间的相关关系是我们应用散布图的主要目的, 而确定两变量相关关系的判断方法最常用的是符号检验法。这是一种定性分析方法。如果要想作定量分析, 可以采用相关系数法, 此处我们只简单介绍符号检验表法。

符号检验法又称象限法, 它是显著性检验中的一种方法。符号检验法是利用符号检验表来判断相关关系的。其步骤如下:

1) 收集数据并将收集到的数据填入表中。

2) 作散布图。将表中的数据在直角坐标系上打点。图 6-31 所示是利用某组合钻床钻孔时, 钻床轴间距随室温和主轴箱内油温变化的散布图。

3) 在散布图上作出两条分别平行于纵轴和横轴的平行线, 将散布图中的点子均分, 在本例中共有 30 个点子, 可均分为上、下和左、右各 15 个。

4) 计算两十字线所形成的四个区域中的点子数。如图 6-31 所示, I 区内 $n=2$; II 区内 $n=13$; III 区内 $n=2$; IV 区内 $n=13$ 。

5) 计算对角线区域内点数之和。

令

$$n_{\text{I}} = n_{\text{I}} + n_{\text{I}} = 2 + 2 = 4$$

$$n_{\text{II}} = n_{\text{II}} + n_{\text{IV}} = 13 + 13 = 26$$

6) 相关性判断:

若有 $n_+ > n_-$ ，则判断为正相关； $n_+ < n_-$ ，则判断为负相关。

本例中 $n_+ = 4 < n_- = 26$ ，故判断为负相关。

7) 相关程度判断。相关程度判断可以利用表 6-22 所示的符号检验表进行判断。查符号检验表取得显著性检验临界值 S_α (在显著水平即风险度 α 下的临界值)。

判断规则为： $S = \min(n_+, n_-)$

当 $S \leq S_\alpha$ 时，则判断为强相关；

当 $S > S_\alpha$ 时，则判断为弱相关。

查表 6-22 得知，当 $N = 30$ 时，有：

$\alpha = 0.05$ 时， $S_\alpha = 9$ ； $\alpha = 0.01$ 时， $S_\alpha =$

7

在本例中， $S = \min(n_+, n_-) = n_+ = 4 \leq S_\alpha$

故判断为强相关，即轴间距与室温、油温强相关。

在表 6-22 中， α 称为判断的风险率，它表示发生错判的可能性。 α 值越小说明判断的风险越小，把握也就越大。具体的相关关系可用回归分析法或相关系数法求得，限于篇幅，此处不作介绍，感兴趣的读者可参考有关专著。

表 6-22 符号检验表

N	α		N	α		N	α		N	α		N	α	
	0.01	0.05		0.01	0.05		0.01	0.05		0.01	0.05		0.01	0.05
11	0	1	29	7	8	47	14	16	65	21	24	83	29	32
12	1	2	30	7	9	48	14	16	66	22	24	84	29	32
13	1	2	31	7	9	49	15	17	67	22	25	85	30	32
14	1	2	32	8	9	50	15	17	68	22	25	86	30	33
15	1	3	33	8	10	51	15	18	69	23	25	87	31	33
16	2	3	34	9	10	52	16	18	70	23	25	88	31	34
17	2	4	35	9	11	53	16	18	71	24	26	89	31	34
18	2	4	36	9	11	54	17	19	72	24	27	90	32	35
19	3	4	37	10	12	55	17	19	73	25	27	当 N 大于 90 时， 用公式 计算： α 0.01 0.05 K 1.2879 0.9800		
20	3	5	38	10	12	56	18	20	74	25	28			
21	4	5	39	11	12	57	18	20	75	25	28			
22	4	5	40	11	13	58	18	21	76	26	29			
23	4	6	41	11	13	59	19	21	77	26	29			
24	5	6	42	12	14	60	19	21	78	27	29			
25	5	7	43	12	14	61	20	22	79	27	30			
26	6	7	44	13	15	62	20	22	80	28	30			
27	6	7	45	13	15	63	20	21	81	28	31			
28	6	8	46	14	15	64	21	23	82	28	31			

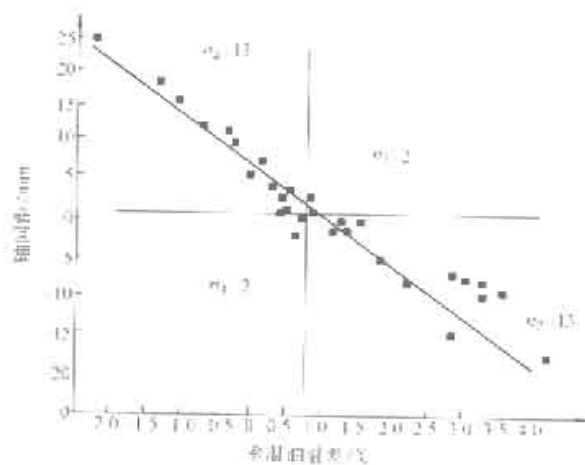


图 6-31 组合钻床轴间距
与室温、油温的散布图

第六节 质量管理新方法简介

一、概述

前面介绍的常用统计分析工具再加上控制图称为质量管理的“老七种工具”。它们主要应用于制造阶段,实现工序过程的质量控制。从20世纪70年代起,全面质量管理在日本的企业中全面推广应用,这时老七种工具已不能满足其要求,需要研究开发适用于全面质量管理的新方法。在长期的实践中,日本人提出了能用于全面质量管理的新七种工具,称为“QC (Quality Control) 新七种工具”,到1977年年底开始正式推广应用。“QC新七种工具”是以分析为主的质量管理方法,主要应用在PDCA循环的计划(P)阶段。它们包括:关联图法、系统图法、KJ法、矩阵图法、矩阵数据分析法、网络图法及PDPC法(过程决策程序图法)。

二、关联图法

关联图是用带箭头的连线把表示事物因果关系的因素联系起来的图。关联图法就是利用关联图来分析事物各影响因素之间复杂关系,从而找到主要问题的方法。

1. 关联图的基本结构

在关联图中,用□或○把表达问题和原因的短语框起来,用箭头把这些短语连起来,表示它们之间的因果关系,箭头的方向一般是由“手段”指向“目的”,或由“原因”指向“结果”。短语力求简洁,内容力求确切,易于理解。重要因素和关键问题用双线框□或○表示。

2. 关联图的类型

关联图按结构形式可分为以下四种类型:

(1) 中心型关联图。这种关联图把重要项目或要解决的问题排在中心位置上,然后按关系密切程度把各种因素依次排列,如图6-32所示。

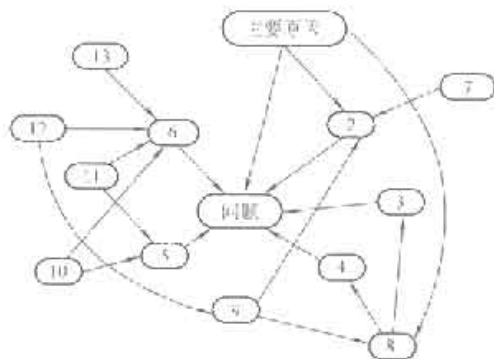


图 6-32 中心型关联图



图 6-33 单向型关联图

(2) 单向型关联图。这种关联图把重要项目或要解决的问题排在一端(上、下、左、右),然后按关系密切程度把各种因素依次排列,如图6-33所示。

(3) 关系型关联图。这种关联图只表明项目和各因素之间的因果关系,对各因素的排列位置没有明确规定,可以灵活掌握,如图6-34所示。

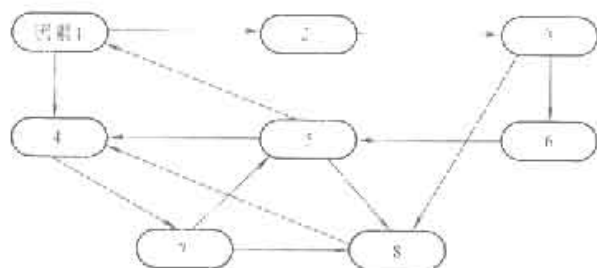


图 6-34 关系型关联图

(4) 应用型关联图。这种关联图是以前三种关联图为基础,并与其他图型一起应用而形成的关联图。常用的应用型关联图有三种:①与分类图表联合应用而形成的关联图,如图6-35所示。②与KJ图联合应用而形成的关联图。③与系统图联合应用而形成的关联图。

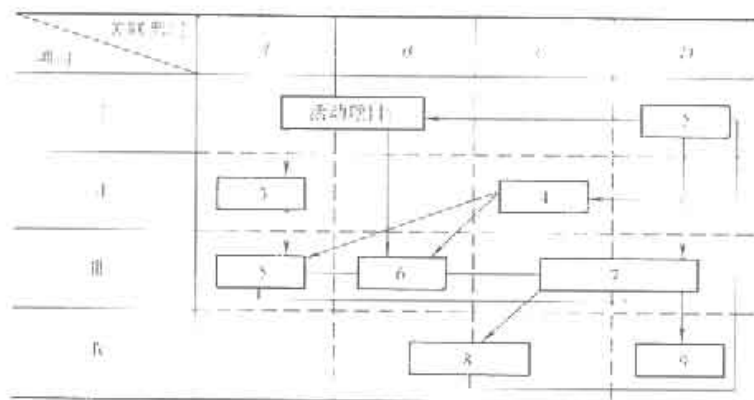


图 6-35 与分类图表联合应用而形成的关联图

3. 关联图的应用程序

关联图的应用程序为:①确定选题,明确要解决的问题。②组织落实(成立解决问题小组)。③开会讨论,收集情报。④整理讨论结果,绘制关联图。⑤找出重点项目,在图上表示。⑥找出关键问题。⑦制定解决问题的措施和计划。⑧不断修订完善关联图。

4. 关联图的特点

关联图具有以下特点:①适用于多种因素交织在一起的复杂问题的整理。②有益于群众参与,可以从多个方面扩大思路,集思广益。③易于抓住主要矛盾,找到关键问题。④方式灵活、直观。⑤有利于对问题的新认识和新发现。⑥有利于各个部门之间的合作。

5. 关联图的应用范围

关联图的应用范围很广,例如:制定全面质量管理的方针和计划;企业方针目标的展开和管理;查找制造质量问题,减少不合格品损失;制定QC小组的活动计划;从大量的质量管理问题中查找主要问题;产品开发中设计质量的展开;索赔对象的分析等。

6. 关联图法实例

图6-36是某机器厂探讨降低装配流水线废品问题的关联图。从图中可以方便地找出影

汇集在一起,通过归纳整理画成表示思维联系、启发思路的图,通过对图的分析发现新问题。用KJ法解决问题的程序如下:

(1) 确定对象。对企业运营、生产管理和技术方面出现的各种质量问题进行系统分析,利用排列图确定需要解决的关键质量问题,作为KJ法应用的对象。

(2) 收集资料。用各种方法收集与待解决对象相关的语言和文字资料。收集这种资料的方法一般有三种:①直接观察法。即到现场去看、听、摸,通过感性认识掌握第一手资料,从中得到启发并记录下来。②面谈、阅读法。即通过召集有关人员谈话、开会、查阅文献资料或采用“头脑风暴法”(BS法)来收集资料。③个人思考法。即通过回忆、总结经验来获得资料,或者针对所选的题目冥思苦想,从而悟出一些设想、见解和办法来。要善于捕捉头脑中“一闪而过”的念头。在收集资料时,要注意以掌握事实为主,防止掺杂进个人的成见。通常应根据不同的使用目的对收集资料的方法进行适当选择,如表6-23所示。

表 6-23 收集资料的方法选择

收集方法 使用目的	直接观察	面谈阅读	查阅文献	BS	回忆	检讨
认识新事物	◎	△	△	△	◎	×
明确思想	◎	◎	◎	◎	◎	◎
把握现状	◎	◎	◎	◎	◎	◎
脱胎换骨	△	◎	◎	×	◎	◎
参与计划	×	×	×	◎	◎	◎
把握方针	×	×	△	◎	◎	◎

(3) 制作资料卡片。将收集到的语言及文字资料按内容进行分类,并用简洁的语言文字制成卡片。

(4) 汇总、整理卡片。把内容相近的卡片归并在一起,并标记分类识别。

(5) 绘制A型图。把分类标记好的卡片根据相互位置排列起来,并用适当的记号表示出相互关系,即为A型图。A型图一般形式如图6-37所示。图中A、B、…,分别是内容相近的一组卡片。在各组中,还可以根据内容进一步细分成更小的卡片组。各卡片或卡片组之间的关系可以用箭头表示。

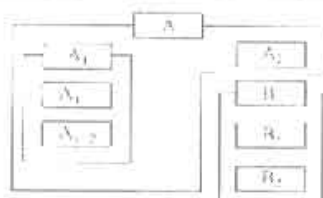


图 6-37 A型图的一般形式

(6) 口头及书面报告。分析观察A型图,从中归纳、整理出思路及解决问题的方法,并将结果作口头或书面报告。

4. KJ法应用实例

图6-38所示为讨论如何提高国产自行车质量的A型图,通过对该图的分析,可以为提高质量、降低成本提供新思路。

四、系统图法

系统图法是把用于功能分析的功能系统图和方法应用到全面质量管理中的一种方法。

1. 系统图法的概念

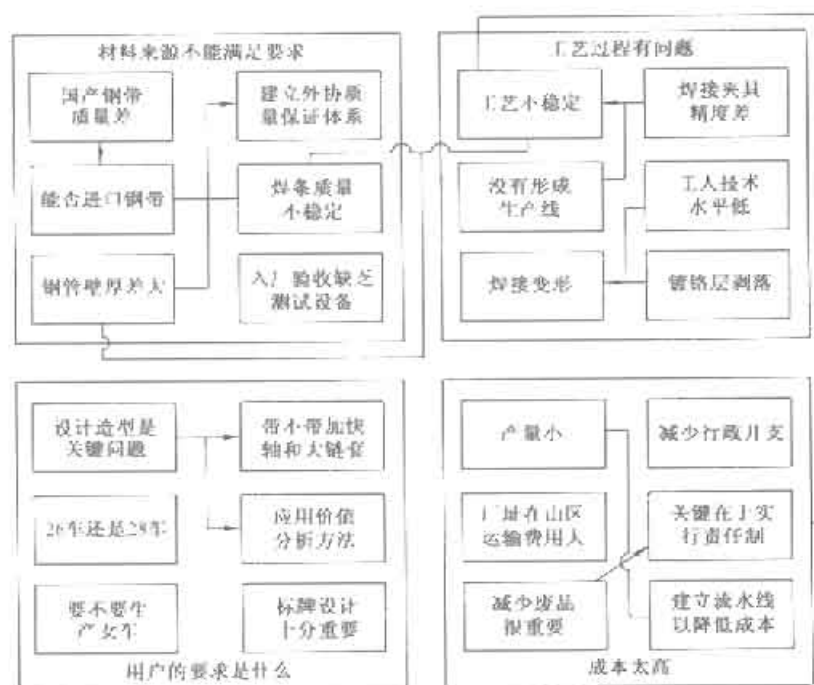


图 6-38 提高国产自行车质量的 A 型图

系统图法是把要达到的目的及所需的方法和手段，按顺序进行系统的展开，逐步绘出表示目的和手段关系的一系列方块图。通过对图进行分析，明确问题的重点，找出实现目标的最优方法和手段。其优点是：目标明确，重点突出，职责明确，措施具体，考核方便。图 6-39 所示为系统图的基本形式。

系统图可以分为两类：因素展开型系统图和措施展开型系统图。

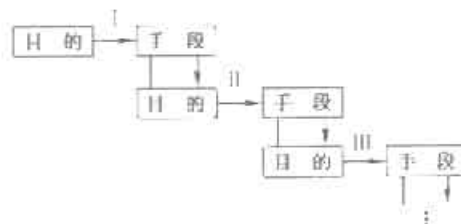
2. 系统图的用途

系统图法可用来解决下列问题：①在产品开发中将设计质量展开。②用于工厂方针目标的展开和管理。③进行质量职能展开和管理。④正确处理质量、成本和产量之间的关系。⑤用于企业的组织机构管理。⑥有利于减少不合格品。

3. 系统图法的应用程序

- (1) 明确目的和目标。
- (2) 提出手段和方法。
- (3) 评价手段和方法，确定可行性。

(4) 绘制系统图。按照树形结构从高到低逐级展开“目的”。首先画出第一级“目的”及相应的手段，“目的”是“树根”，手段是“树枝”。然后再将第一级的手段作为第二级的“目的”，再按照“树根”和“树枝”的关系展开到最后一级。将“目的”和“手段”方块



域；查找质量保证体系的关键环节；分析影响产品质量的主要原因；评价本企业产品在市场中的地位；制定产品策略；分析工程实施中有关技术问题之间的关联情况。

3. 矩阵图的分类

矩阵图的形式主要有以下几种：

(1) L形关联图。它是矩阵图的基本形式，它将一对事件（A和B）按二元表的形式表现出来，如图6-42所示。

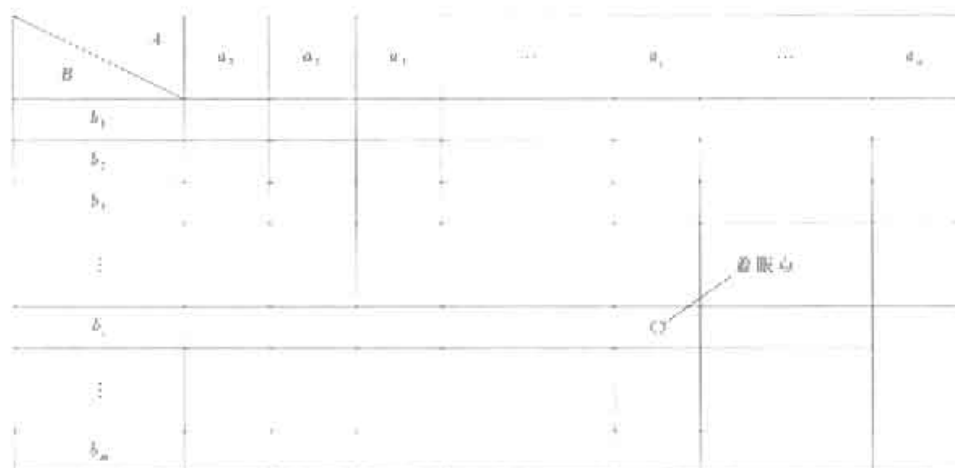


图 6-42 L形矩阵图

(2) T形矩阵图。它是由两个L形矩阵图组合而成的矩阵图。图6-43是将A和B组成的L形矩阵图与A和C组成的L形矩阵图组合而成的。

(3) Y形矩阵图。它是由三个L形矩阵图组合而成的矩阵图。图6-44所示，是由A与B、B与C、C与A三个L形矩阵图组合而成的。

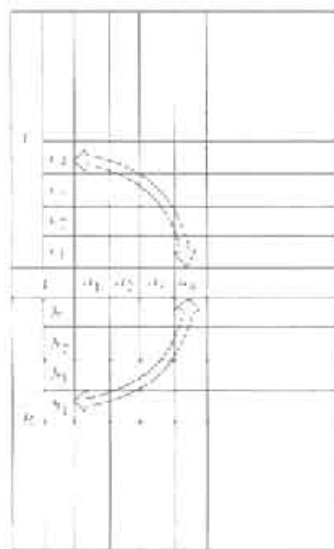


图 6-43 T形矩阵图

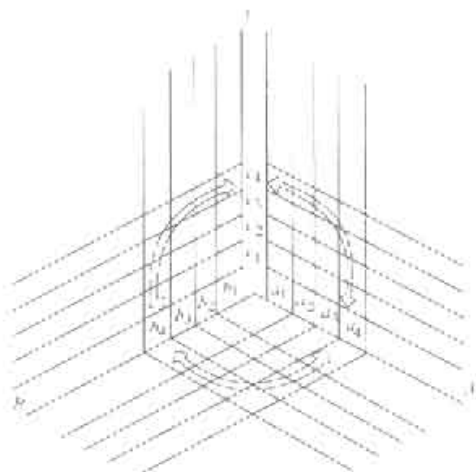


图 6-44 Y形矩阵图

(4) X形矩阵图。它是由四个L形矩阵图组合而成的矩阵图。图6-45所示是由A与B、B与C、C与D、D与A四个L形矩阵图组合而成的。

4. 矩阵图法的应用程序

(1) 确定目的。一般是涉及多方面的、含有多个因素的问题。

(2) 确定因素组。根据实际问题,找出与问题相关的因素组。

(3) 选择与绘制矩阵图。根据实际问题选择最适用的矩阵图形式,将各因素组按对应关系排在矩阵中,形成矩阵图。

(4) 标注“着眼点”。对矩阵图各对因素进行分析,在对应因素的交点上用符号表示相互关系程度。一般用“□”表示关系密切;用“○”表示有关系;用“△”表示可能有关系;用“×”表示没有关系。

(5) 写出分析报告。找出关键“着眼点”,写出分析报告,制定措施加以实施。

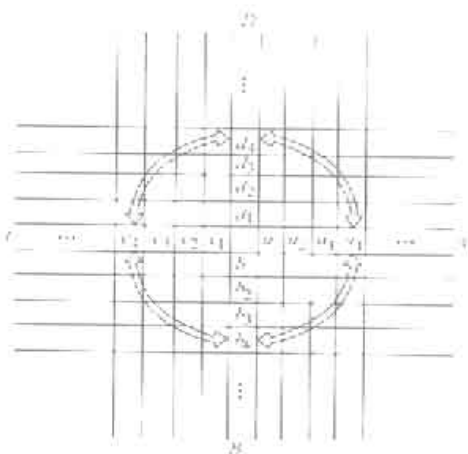


图 6-45 X形矩阵图

六、矩阵数据分析法

在矩阵图中,如果“着眼点”不用符号表示,而用数据表示,这样就可以对这些数据进行解析运算,得到所需的结果。这种方法称为“矩阵数据分析法”。它是新七种工具中唯一用数据来分析问题的方法,但其结果仍然以图来表示。用于矩阵数据分析法的过程比较烦琐,往往需要借助于计算机进行分析。

1. 矩阵数据分析法的主要用途

矩阵数据分析法主要用于市场调查、新产品规划、新产品研制、工序分析等方面。在PDCA循环的P与D阶段,只要存在数据,就应尽量采用这种方法。这种方法的主要用途概括起来有:①分析复杂因素组成的工序;②分析包含大量数据的质量问题;③分析市场调查数据,掌握用户要求;④对产品的功能特性进行分类、整理和分析;⑤对试验观测所形成的大量数据进行分析;⑥对产品寿命循环中形成的复杂质量问题进行综合评价。

2. 用矩阵数据分析法解决问题的步骤

(1) 收集数据并将数据整理成矩阵表的形式。

(2) 计算各项目的平均值和标准偏差。

(3) 将数据规范化。为使量值和单位不同的评价项目能进行相互比较,须将数据规范化。其具体做法是将各项原始数据减去评价项目的平均值,然后除以该项数据的标准偏差。规范化后各项目(数据)的平均值为0,标准偏差为1。

(4) 计算相关系数。利用散布图中的相关系数计算公式,计算各个评价项目的相关系数,将相关系数排列成矩阵的形式。

(5) 计算特征值和特征矢量。计算相关系数矩阵表相关行与列的特征值和特征矢量。特征矢量表示了各评价项目的若干个主成分。

(6) 计算因子负荷量。将特征矢量矩阵中各特征矢量乘以各主成分的特征平方根,称

为因子负荷量。

(7) 计算主成分得分。将规范化数据矩阵表中相应行的数据与特征矢量矩阵中相应列的数据相乘,再相加,即可得到。

(8) 用坐标图表示主成分。将主成分得分矩阵中各主成分得分数据两两组合在直角坐标系中描点。

(9) 考查结果。对计算结果进行分析,得出分析结果。

可见,矩阵数据分析法的工作量很大,所以应利用计算机作为工具,以缩短分析和处理时间。

七、网络图法

网络图法又称为箭条图法或矢线图法,它是计划评审法(PERT法)在质量管理中的应用,用来制定质量管理日程计划,明确管理的关键,进行质量管理进度控制等。利用网络图法进行全面质量管理,有利于从全局出发,统筹安排各种因素,抓住影响质量的关键线路,集中力量按时或提前完成工作计划。计划评审法(又称为网络计划法)除了可用于质量管理外,它还是现代企业管理中最常用的技术之一。由于计划评审法在很多企业管理的专著中都有介绍,限于篇幅,此处不再介绍,感兴趣的读者可参阅其他专著。

八、过程决策程序图法

过程决策程序图(Process Decision Program Chart)法简称为PDPC法,它通过对事态发展过程中可能出现的各种问题,拟订多种对策方案,并运用程序图来确定一条获得最佳结果的途径。

PDPC法与系统图法有相似之处,都是把为达到一定目的所设想的各种手段、方法和措施按系统展开。但是系统图法是一种静态展开方式,而PDPC法则是动态地展开。

1. PDPC法的应用思路

在应用PDPC法制定对策时,预先要对各种可能发生的不利情况加以估计,并提出多个解决方案,以保持计划的灵活性。在计划执行过程中,当遇到不利情况时就应立即转去采取预先拟订好的其他解决方案,随时修正方向,以便顺利达到最终目的;如果在计划执行过程中出现了没有预料到的情况,也可以随机应变,灵活采取对策,使质量问题得到圆满解决。

在应用PDPC法解决质量问题时,一般可以分成以下两个阶段进行:

(1) 初步计划阶段。根据过去的经验、语言文字资料及技术知识,充分提出各种可能出现的问题,找出问题发展的趋向,对每个可能出现的问题都制定相应的解决方案。利用PDPC法分析思考问题的过程如图6-46所示。有些著作将该图称为“PDPC法的基本形式”。

图6-46是用来降低不合格品率的PDPC,其目的是从目前不合格品很高的状态 A_0 转变到不合格品率的理想状态 Z 。在这一过程中,可以考虑从 A_0 到 Z 的手段有 A_1, A_2, \dots, A_n 这样一个系列,并希望解决问题的过程能按此系列顺利进行;但现实的质量问题及其解决远不会如此简单和顺利。例如,在召集有关人员讨论时,如果认为在技术上或经济上要实现 A_1 有困难,这时就要考虑在 A_1 行不通的情况下,从 A_0 经 B_1, B_2, \dots, B_n 这样一条解决问题的途径;如果上述两条途径均无法达到目的时,则可考虑从 A_0 经 C_1, C_2, \dots, C_n 这样一个系列,或 $C_1, C_2, C_3, D_1, D_2, \dots, D_n$ 这样一个系列。因此,在解决问题时,不能只考

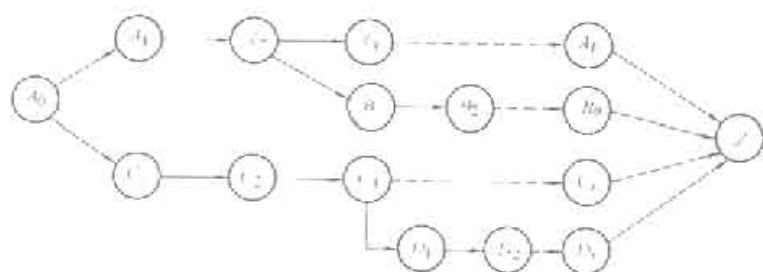


图 6-46 分析思考问题的 PDPC

虑达到目的的一个手段系列，而要预先考虑能达到目标的许多手段系列，于是就提高了实现目标的可靠性。在实施时，可按各序列排列顺序依次执行，在时间紧迫时也可考虑几种序列并行进行。

(2) 应变计划阶段。不管在第一阶段考虑的如何周到，在实施过程中总是可能还会出现许多未曾预料到的新问题，使得原来制定的解决方案均行不通。这时就可以根据所获得的新情报制定出新的实施系列，并追加到原有系列中，以尽快达到理想状态 Z 。可以看出，PDPC 法是个动态过程。

2. PDPC 法的主要特征

- (1) 从总体上来把握系统的变化动向，而不是作为局部来处理。
- (2) 能按时间序列掌握系统状态的变化情况。
- (3) 以系统的发展动向为中心掌握系统的输入和输出关系。
- (4) 由于是以事务为中心，只要对系统有一个基本的理解就可运用自如。
- (5) PDPC 没有特定的绘图规则和程序，需结合具体问题灵活应用。

3. PDPC 法的主要用途

- (1) 在方针目标管理中，用来制定动态的方针目标实施计划。
- (2) 用来制定新产品开发执行计划。
- (3) 制定预防不合格品发生的工艺控制对策。
- (4) 制定预防措施，防止质量系统中发生重大事故。
- (5) 用于解决质量纠纷。
- (6) 用于制定防止物品运输中发生质量问题的措施。
- (7) 用来制定谈判方案。

4. PDPC 法应用实例

下面我们用一个简单例子说明 PDPC 法的实际应用。

例 6-14 某企业的产品在运输中经常由于货物倒置而造成严重破损，企业每年都要为此支付大量的索赔款。为了解决这个问题，企业的运输部门决定采用 PDPC 法找出解决问题的方案。

解 经过分析研究，设想出会产生货物倒置的一种可能性，并制定了相应的对策。所绘制的 PDPC 如图 6-47 所示。

方案 1：对于识字者，可用文字说明：“请勿倒置”。

方案 2：对于不识字者，用图形示意。

方案3:对于既不识字,又不识标志者,且工作不认真负责者,可以改变包装设计,使得货物不可能倒置。但这种方案的经济性可能要差些。

当然,如果经济和技术条件允许,也可同时实施方案1和方案2;也可以三种方案同时实施。在实践中方案1和方案2同时实施的机会更多些。



图6-47 避免货物倒置的PDPC

第七节 6 σ 质量管理

6 σ 质量管理思想起源于摩托罗拉公司,在摩托罗拉公司取得了令人瞩目的应用效果,后传入到通用电气、IBM等一些大公司,也同样获得了成功并很快成为新的质量标准。现在,6 σ 系统和方法因其良好的经济性和可操作性,已被世界上许多先进的大公司所接受和采用。

随着6 σ 管理理论的不断拓展和创新,它已经形成一套系统持续改进业务的方法体系,更成为一种理念、文化和方法体系的集成。

一、6 σ 的基本概念

6 σ 有两层含义:一层是基于统计角度,另一层是基于管理角度。

1. 6 σ 的统计含义

σ 在数理统计中表示“标准差”,是用来表征任意一组数据或过程输出结果离散程度的指标,是一种评估产品和生产过程特性波动大小的统计量,如图6-2所示。由于 σ 的大小可以反映出质量水平的高低,所以在6 σ 管理中采用“ σ 水平”的尺度来衡量过程绩效。 σ 水平越高,过程满足顾客要求的能力就越强,产生缺陷的概率就越低,过程的首次通过率 Y_{PT} 就越高,产品质量也就越高。不同 σ 水平下的过程不合格率DPMO和过程首次通过率 Y_{PT} 的值如表6-24所示。

表6-24 不同 σ 水平下的过程不良率DPMO和过程首次通过率 Y_{PT}

σ 水平	均值无偏条件下		均值偏移1.5 σ 条件下	
	DPMO	Y_{PT}	PPM	Y_{PT}
1 σ	317300	68.27	697770	30.23
2 σ	45500	95.54	308770	69.13
3 σ	2700	99.73	66810	93.32
4 σ	63	99.9937	6210	99.3799
5 σ	0.57	99.999943	233	99.97670
6 σ	0.002	99.9999998	3.4	99.999660

由表 6-24 可知, 当 σ 从一个水平提高到另一水平, 缺陷会按指数规律降低。特别要指出的是, 在均值无偏的条件下, 6σ 的 DPMO 是 3σ 的 DPMO 的 135 万分之一, 在均值偏移 1.5σ 的条件下, 6σ 的 DPMO 是 3σ 的 DPMO 的 2 万分之一。

2. 6σ 管理的含义

6σ 管理是一套系统的业务改进方法, 是一种旨在持续改进企业业务流程, 实现客户满意的管理方法。它通过质量改进流程, 实现无缺陷的过程设计, 并对现有过程进行定义、测评、分析、改进和控制, 消除过程缺陷和无价值作业, 从而提高产品和服务的质量, 降低成本, 缩短运转周期, 达到客户完全满意, 增强企业的竞争力。目前, 6σ 管理已经成为一种理念、文化和方法体系的集成。换句话说, 6σ 就是一个代名词, 其含义是客户驱动下的持续改进。其方法体系的运用并不局限于解决质量问题, 而且还包括业务改进的各个方面, 如时间、成本、服务等。其方法体系也不仅仅是统计技术, 而是一系列的管理技术和工业工程技术的集成。

(1) 6σ 已成为一种基于客户驱动连续质量改进计划, 其目的在于综合运用质量管理的理念和方法, 以连续改进为基本策略, 达到并超越 6σ 水平。

(2) 6σ 已成为一种质量文化或企业文化, 它强调以客户满意为宗旨, 以持续改进为策略, 以统计数据为依据, 以全员参与为方式的质量改进理念。 6σ 不仅适用于制造业, 同样也适用于非制造业和非制造过程。因此, 对一个企业而言, 各个部门都应建立 6σ 质量目标, 具体考核指标和考核方式。从某种意义上讲, 6σ 已成为一种新的质量理念。

(3) 尽管 6σ 从统计上表示百万出错机会缺陷率为 2, 但并不意味着 6σ 质量水准允许有缺陷。这一点和克劳士比的零缺陷计划并无本质上的冲突。 6σ 计划的本质在于通过持续改进, 消除一切可能的缺陷, 不要把 6σ 看成一个绝对静止的目标。

二、 6σ 方法与传统方法的比较

表 6-25 6σ 方法与传统方法的比较

序号	项 目	传统方法特点(着眼点)	6σ 方法特点(着眼点)
1	分析方法	估计	变化点
2	管理重点	成本和时间	质量和时间
3	生产能力	实验和误差	全面设计
4	公差	最严可	均方根
5	变量分析	同一时间单个因子	实验设计
6	过程调整	经验	SPC 图
7	问题解决	基于专家	基于系统
8	分析	靠经验	靠数据
9	焦点	产品	工厂过程
10	行动	反应	灵活行动
11	供方	成本	相关能力
12	原因	基于经验	基于统计
13	思路	短期	长期

(续)

序号	项 目	传统方法特点/着眼点	6 σ 方法特点/着眼点
14	决策	印象、直觉	频率
15	处理	现象	问题
16	设计	性能	生产性
17	目标	公司	客户
18	组织	授权	研究
19	培训	奢侈	必需项目

从表 6-25 可知,传统方法在管理方面偏重于经验、直觉,其关注的是最终产品,着眼点在本公司,其组织结构是基于授权、集权制。总之,6 σ 方法更依赖于系统、数据和设计,其关注的是活动过程,着眼点在客户,其组织结构是基于研究的。相比之下,6 σ 系统更客观、高效和准确。

三、企业引入 6 σ 管理应具备的条件

具备以下条件,企业可以尝试引入 6 σ 管理:

- (1) 已经奠定了传统管理(主要内容为劳动纪律和工艺纪律)坚实的基础。
- (2) 已经认真通过 ISO9000 的认证,取得合格证书。
- (3) 已经成功推行 SPC(统计过程控制)与 SPD(统计过程诊断)或其他统计方法,且产品或服务的质量目前至少已经达到 3 σ 水平。
- (4) 第一把手及其高层领导对于 6 σ 有足够的认识并有坚定的决心加以推广。
- (5) 具有可担任 6 σ 过程负责人和黑带长(Master Black Belt)的人才(即骨干中的骨干)。
- (6) 具有足够启动 6 σ 活动的资金。

四、6 σ 项目选择

6 σ 管理是以项目的方式展开的!只要发现值得改进的地方,就可以列为 6 σ 项目。一个企业可能同时有几十上百个 6 σ 项目,但这些项目都必须采用项目管理机制。6 σ 管理就是通过有组织、有计划地实施这些 6 σ 项目而实现其经济效益的。6 σ 项目的选择与实施是 6 σ 管理的一个关键环节。

1. 6 σ 项目的选择原则

(1) 有意义、有价值

1) 支持顾客满意度的改善。关注顾客是 6 σ 项目的核心价值观之一。6 σ 质量的定义有两个基本点:一是产品特性让顾客满意直至忠诚;二是减少产品缺陷甚至消除缺陷。因此,6 σ 项目所解决的问题必须来自于顾客端的需求及反馈等信息的分析,找出顾客的期望和需求,确定关键质量特性,使项目的完成能满足或超出顾客的关键需求。

2) 支持企业战略目标的实现。6 σ 管理是实现企业战略目标的有效手段,每个项目都应与企业战略的目标相一致。

3) 为企业带来较大的经济效益。6 σ 管理的一大特点就是用财务语言阐述现状水平和改

进后的绩效

(2) 可管理

1) 问题可测量。6 σ 改进不仅关注产品的质量,还包括缩短周期,提高效率,提高生产能力等。无论针对哪种问题,都必须先定义“缺陷”。也就是说,要先定义好标准及其衡量方法,然后才能评估问题的现状水平。

2) 范围清晰、可控。应对每个项目所要解决的问题的范围作出明确的界定。如果一个问题涉及多个方面,那么可将此项目分解为几个小项目,在相对可控范围内解决。

3) 项目得到管理层的支持和批准。项目只有获得管理层的支持和批准才能获得适当的资源支持。

2. 6 σ 项目选择的流程

一般来说,项目选择需要经过以下四个步骤:

步骤1,确定项目的大方向——项目的最终目标。此阶段常用的工具包括:基准比较法、平衡记分卡等。

步骤2,确定影响过程输出Y的主要方面,并确定本项目针对哪个方面进行改善。由于Y是综合因素的反映,涉及的方面太广,应将其分解为范围可控、难度较小的项目。

步骤3,针对选择项目的需要,改善Y,明确关键顾客需求和关键质量特性。

步骤4,根据关键质量特性确定项目的主题。

五、6 σ 改进模式——DMAIC

6 σ 自20世纪80年代诞生于摩托罗拉公司以来,经过20多年的发展,现在已经演变成一套行之有效的解决问题和提高企业绩效的系统方法论,而推动企业不断持续改进的6 σ 具体实施模式是DMAIC,它已成为世界上持续改善的标准流程。DMAIC代表了6 σ 改进的五个阶段。

1. 界定阶段(Define)

界定阶段的主要内容是确认顾客的关键需求,识别需要改进的产品或流程,决定要进行测量、分析、改进和控制的关键质量因素(CIQ),将改进项目界定在合理的范围内。

从整体上讲界定阶段是6 σ 项目DMAIC流程的第一阶段。此阶段项目团队必须明确些问题:项目团队在做什么工作?为什么要解决这个问题?顾客是谁?顾客的需求是什么?等等。

界定阶段的主要任务包括:找出业务机会,制定团队宪章,明确过程并绘制过程图,明确快速取胜的过程和过程整理,将顾客的需求转化为顾客的关键需求及起草团队准则。

2. 测量阶段(Measure)

通过对现有过程的测量和评估,制定期望达到的目标及业绩衡量标准,识别影响过程输出Y的X因子,并验证测量系统的有效性。

测量阶段是DMAIC过程的第二阶段,既是界定阶段的后续活动,也是连接分析阶段的桥梁。测量是项目工作的关键环节,是以事实和数据驱动管理的具体表现。

从测量阶段开始就要进行过程数据的收集和分析工作。通过测量阶段的数据收集和评估工作,可以获得对问题和改进机会的定量化认识,并在此基础上获得项目实施方向的信息。

测量阶段的主要任务包括：明确输入、处理、输出等指标，起草操作和测评计划，采集并分析数据，确定是否存在特殊的原因，确定 σ 水平，收集其他基准业绩数据。

测量阶段的工作重点是在界定阶段工作的基础上，进一步明确过程输出 Y 的测量，并通过收集 Y 的测量数据，定量化地描述过程输出 Y ，特别是通过过程分析，认识过程输出 Y 的波动规律，揭示过程改进的空间，识别实现项目目标的可能途径和改进方向。

3. 分析阶段 (Analyze)

通过数据分析确定影响过程输出 Y 的关键因子 X ，即确定过程的关键影响因素。

分析阶段是DMAIC各阶段中最难以“预见”的阶段。团队所使用的方法在很大程度上取决于其所涉及的问题与数据的特点。在分析阶段，团队整理和分析的机会是找出具体存在的问题，并定义一个便于理解的问题陈述；找出并确认产生问题的根本原因，以保证消除“真正”的根本原因，同时找出并确认本团队应该重点分析的问题；确定波动源和导致顾客不满的潜在失效模式。

分析阶段的主要任务包括：整理过程，整理数据并找出具体问题，起草问题陈述，找出根本原因，确认和分析根本原因，比较方法，波动源（SOV）研究，失效模式与效应分析，回归分析，过程控制与过程能力和实验设计等。

4. 改进阶段 (Improve)

改进阶段的主要目标是寻找最有效的改进方案，优化过程输出 Y 并消除或减小造成波动的因子，使过程的缺陷或变异降至最低。

在改进阶段，团队要明确如何才能改进过程的输出 Y ，这里包括过程中哪些变量会对过程输出 Y 产生显著的影响，团队应怎样设定这些变量的值才能使过程输出 Y 达到最优。通过找出过程变量与输出之间的关系，选择合适的解决方案，实施改进。

改进阶段的主要任务包括：进行试验设计，解决方案构思，确定解决方案的影响或好处，评估并选择解决方案，起草过程图和粗计划，起草并讲解纲要，向所有利益相关方沟通解决方案。

5. 控制阶段 (Control)

控制阶段的主要目标是使改进成果体制化，通过修订文件使成功经验制度化，通过有效的监测方法维持过程改进的成果，并寻求进一步提高改进效果的持续改进方法。

控制阶段是项目团队维持改进成果的重要步骤。一旦改进完成，团队还应持续地监控过程的实施情况。

控制阶段的主要任务包括：起草试运行计划和试运行解决方案，确认由于解决方案触及根本原因而产生的 σ 水平的改进，确定实现目标必须的其他解决方案，找出类似的情况，对机会进行标准化处理，将解决方案融入日常工作过程并对之进行管理，集中学到的经验，明确团队下一步的行动以及针对其他机会的计划。

图6-48介绍了DMAIC各阶段应用的主要方法和工具。

六、6 σ 设计

企业通过实施6 σ 改进所取得的成果是有限度的，当用DMAIC流程将过程的 σ 水平改进到接近5 σ 的时候，进一步改进的空间就变得非常狭窄，或者改进的成本会大幅度增加而回报率降低，这就违背了6 σ 管理“低成本、高质量”的目的。如果一个企业希望自己的业



图 6-48 DMAIC 各阶段应用的主要方法工具

绩更上一层楼,就应该考虑放弃原过程,对过程进行重新设计。这种设计就是所谓的 6σ 设计 (Design for 6σ)。

6σ 设计就是按照合理的流程,运用科学的方法准确理解和把握顾客的需求,对新产品或流程进行稳健设计,使产品或流程本身具有抵抗各种干扰的能力,从而在低成本条件下实现较高的质量水平。

与 6σ 改进比较而言, 6σ 改进注重的是简化生产和业务流程,以消除错误,提高效率,节约资金。而 6σ 设计则是提前一步对流程本身进行设计,从而把问题消灭在初始阶段,从体制上防止后面各个环节中可能出现的错误。与 6σ 改进的DMAIC流程相似, 6σ 设计也有自己的流程,常用的模式有DMADV模式、IDDOV模式、DMEDI模式、DMADOV模式等。

1. DMADV 模式

该模式主要适用于流程的重新设计和对现有产品的突破性改进。其阶段为:界定 (Define)、测量 (Measurement)、分析 (Analysis)、设计 (Design) 及验证 (Verify)。

2. IDDOV 模式

ASI的质量管理专家乔杜里提出了 6σ 设计的一个称为IDDOV的流程,是大家公认的适用于制造业的 6σ 设计流程。其阶段为:识别 (Identify)、定义 (Define)、制定 (Develop)、优化设计 (Optimize) 及验证 (Verify)。

3. 6σ 设计常用的工具和技术

6σ 设计所用的工具和技术主要包括质量功能展开 (QFD)、系统设计、失效模式与效应分析 (FMEA)、参数设计与容差设计 (田口方法)、DFX设计 (Design for X)、以及质量管理技术的新QC (Quality Control) 七种工具等,并在此基础上广泛吸收现代科学和工程技术,形成了一种以顾客需求为导向,创造高质量、高可靠性、短周期、低成本产品的新的设计思想和方法体系——稳健设计。稳健设计已经广泛应用于工程实践中并获得了巨大的经济效益。

复习思考题

- 6-1 为什么在加工过程中会发生质量波动? 影响质量波动的因素主要有哪些?
- 6-2 什么是异常波动和正常波动?
- 6-3 什么是工序能力和工序能力指数?
- 6-4 为什么要用 6σ 来衡量工序能力?
- 6-5 某工序加工零件的公差要求为 $\phi 8^{+0.030}_{-0.010}\text{mm}$, 经随机抽样, 测得样本平均值 $\bar{x} = 7.935\text{mm}$, 标准偏差 $s = 0.00519\text{mm}$, 试计算该工序的工序能力指数, 并估计不合格品率。
- 6-6 提高工序能力的途径有哪些?
- 6-7 什么是工序控制点? 为什么要设置工序控制点?
- 6-8 SPC 有哪些特点?
- 6-9 如何判断工序是否处于受控状态?
- 6-10 运用数据进行统计判断的主要目的是什么?
- 6-11 控制图为什么会发生组别?
- 6-12 试讨论如何将控制图应用于管理过程。
- 6-13 试说明 3σ 控制界限确定的理由。
- 6-14 讨论非 3σ 控制图 (如 4σ 、 5σ 、 6σ) 中控制界限的确定方法, 并给出通用的计算公式。
- 6-15 归纳一下控制图的种类, 并说明它们的用途。
- 6-16 对于样本容量 $n=6$, 取得 25 组数据后, 计算得到 $\bar{\bar{x}} = 16.28$, $\bar{R} = 3.48$ 。试计算 $\bar{x}-R$ 控制图的控制界限。
- 6-17 控制图的受控状态与失控状态如何判断?
- 6-18 什么是分析用控制图和控制用控制图? 说明控制图应用的程序。
- 6-19 某厂生产的直柄麻花钻直径规格为 $\phi 6^{+0.030}_{-0.010}\text{mm}$, 今测得 100 个麻花钻直径数据如表 6-26 所示, 试绘制 $\bar{x}-R$ 控制图和直方图。

表 6-26 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	5.983	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	5.987	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

6-20 某零件的尺寸为 $\phi 30\text{mm} \pm 0.8\text{mm}$, 随机取样 25 个数据如表 6-27 所示, 试绘制 \bar{x} - R_s 控制图。

表 6-27 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	

6-21 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 p_n 控制图。

6-22 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 $\leq 3\%$, 试用 p 控制图对其控制。现已取得 25 组数据如表 6-28 所示。

表 6-28 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 p_n	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 p_n	5	19	9	6	5	6	6	5	7	5	6	7	

6-23 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。

6-24 某 DVD 厂组装车间, 月检查记录见表 6-29, 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 ≤ 2.5)。

表 6-29 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

6-25 如何观察分析控制图?

6-26 质量控制中的数据有哪些统计特性? 如何计算?

6-27 依据表 6-30 中的数据画出排列图, 并指出影响质量的主要因素。

表 6-30 数据表

影响质量的原因	压偏	不平行	压反	尺寸超差	角度超差	其他
不合格品数	19	22	17	12	5	6

6-28 举例说明因果图的画法及注意事项。

6-29 质量管理新七种工具有何联系和区别?

6-30 试讲述关联图的概念及用途。

6-31 举例说明系统图法在质量目标方针管理中的应用。

6-32 什么是 6σ 管理? 6σ 管理与零缺陷管理有什么区别?

6-33 6σ 改进模式——DMAIC 包含哪几个阶段?

6-34 什么是 6σ 设计? 它包含哪几种方式?