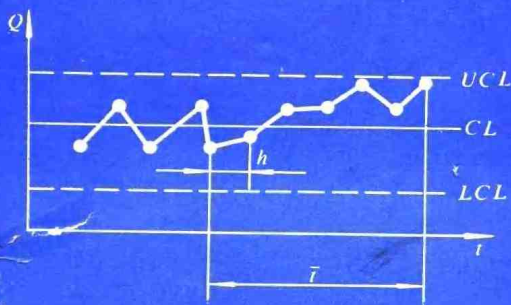


工序控制论

王世芳



华中理工大学出版社

92
F406.3
7
2.

工序控制论

王世芳

XH12-91F



华中理工大学出版社



791651

工序控制论

王世芳

责任编辑 陈培斌

*

华中理工大学出版社发行

(武昌雄家山)

新华书店湖北发行所经销

武汉大学出版社印刷总厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.75 插页: 2 字数: 335 000

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

ISBN 7-5609-0476-9 / F·27

印数: 1—1 000

定价: 3.06元

内 容 提 要

本书是系统阐述工序控制的基本理论与方法的专门著作。

全书共八章，内容丰富。主要论述了：工序质量波动与工序控制，工序质量分析，工序条件优选与工序质量控制点，控制图法的设计与运用，工序诊断调节法的设计与运用，工序运行预测与校正，工序控制咨询等。其中，工序质量分析的工序质量损失系数法，带警戒限均值控制图法，累积和控制图法，通用控制图法，工序诊断调节法，工序运行预测与校正等，都是工序控制领域的新发展与新内容。

本书叙述上，顺应思维逻辑，理论与实践并重，论述与例证相辅，便于教学与自学。

本书可作为管理专业、工艺专业与自动控制专业的研究生、本专科生的教材，亦可供工程技术人员与经济管理人员自学阅读。

前 言

本书的编著宗旨，在于从理论上、实践上阐明工序控制的原理与方法。

在质量管理全过程中，工序控制活动是占有空间较广、占用时间较长、参与的人力较多的质量职能活动，是稳定工序质量、保证产品质量的重要领域。

因而，工序控制的原理与方法的研究，是质量管理科学研究中的重要内容。“工序控制论”这一新学科，应成为工业管理工程、质量管理与控制、制造工艺、自动控制等专业的研究生及本科生的必修科目。

本书是作者近年来，在为管理工程专业与质量管理专业研究生讲授《工序控制论》的基础上，经过精选、整理后编著而成的。体裁上符合教学与自学的思维规律，也符合工序控制实践的逻辑过程。叙述上采取理论与实践并重、论述与例证相辅的原则。

本书内容以工序质量波动的识别、监控为主线，系统地阐述了工序控制的基本理论与方法，并有一定发展与更新。诸如，工序质量损失系数法，带警戒限均值控制图法，累积和控制图法，工序诊断调节法，工序运行预测与校正等，均系工序控制理论与方法的新内容与新发展。

考虑到工序控制改进的知识需要，对工序控制咨询也作了简述。

本书在编辑出版过程中，承蒙华中理工大学出版社有关同志的大力支持，特表示谢意！作者水平有限，不妥之处，望读者指正。

王世芳

1990年5月于武汉工学院

目 录

第一章 工序控制论引言	(1)
第一节 工序控制概念	(1)
一、工序概念	(1)
二、工序控制概念	(2)
第二节 工序质量波动及其规律	(2)
一、工序质量的波动性	(2)
二、工序质量波动的规律	(4)
三、质量波动损失	(8)
第三节 工序控制与统计推断	(9)
一、工序控制过程	(9)
二、工序状态的稳定性判断	(19)
三、工序状态判断的两类错误	(21)
第二章 工序质量分析	(23)
第一节 直接分析法与质量分布图法	(23)
一、直接分析法	(23)
二、质量分布图法	(24)
第二节 工序能力指数法	(28)
一、工序能力及其测定	(28)
二、工序能力指数 C_p 的计算	(32)
三、 C_{pk} 的计算	(33)
四、当量工序能力指数 C'_{pk} 的计算	(36)
五、计数值表示的工序能力指数计算	(37)
六、机械能力指数 C_M 的计算	(38)
七、工序质量评价	(39)
八、关于 C_p 的分布	(42)
第三节 工序质量损失系数法	(44)
一、工序质量损失系数法的基本思路	(44)
二、工序质量损失系数的计算(一)	(46)
三、工序质量损失系数的计算(二)	(50)
四、分析评价基准	(55)
第三章 工序条件优选与控制点	(56)
第一节 工序条件优选	(56)
一、工序条件优选的程序与方法	(56)
二、单指标的工序条件优选	(57)
三、多指标的工序条件优选	(61)
第二节 工序质量控制点	(62)

一、工序质量控制点及其内容	(62)
二、产品质量形成的工序流程图	(64)
三、工序质量控制点的设置	(64)
四、工序质量控制点的管理规范	(66)
五、工序质量控制点的日常管理	(75)
六、工序质量控制点的调整	(81)
第三节 工序质量控制点的定置管理	(81)
一、定置管理及其作用	(81)
二、控制点定置管理要点与程序	(82)
第四章 控制图法设计	(84)
第一节 控制图法的设计原理	(84)
一、控制图法及其种类	(84)
二、控制界限的设计	(86)
三、样本含量 n 的确定	(89)
四、取样周期的确定	(93)
五、样本数目的确定	(95)
第二节 计量值控制图法设计	(96)
一、引言	(96)
二、 $\bar{x}-R$ 控制图的设计	(97)
三、 $\bar{x}-R_s$ 控制图的设计	(102)
四、 $\bar{x}-R_g$ 控制图的设计	(105)
五、 $\bar{x}-\sigma$ 控制图的设计	(107)
六、带警戒限的均值控制图的设计	(110)
第三节 计数值控制图法设计	(116)
一、计件值控制图的设计	(116)
二、计点值控制图的设计	(121)
第四节 计数累积和控制图法设计	(124)
一、累积和控制图法及其特点	(124)
二、累积和控制图法的基本原理	(125)
三、累积和控制图法的运用	(130)
第五节 通用控制图法设计	(135)
一、通用控制图法的特点	(135)
二、通用控制图法的理论	(135)
三、通用控制图法的样本统计量计算	(136)
四、通用控制图法的设计	(138)
第五章 控制图法的运用	(141)
第一节 控制图法的运用条件与程序	(141)
一、控制图法的运用条件	(141)
二、控制图法的运用程序	(141)
第二节 工序状态判断	(143)
一、组内波动与组间波动	(143)
二、控制图像与工序状态	(144)

三、控制图法的判断基准	(146)
第三节 控制图法的检出力	(152)
一、控制图法的检出力概念	(152)
二、 $\bar{x}$ 控制图法检出力的计算与分析	(153)
三、 R 控制图法检出力的计算与分析	(159)
四、 $\bar{x}-R$ 控制图的综合检出力的计算与分析	(161)
五、其它控制图法的检出力	(162)
第六章 工序诊断调节法的设计与运用	(165)
第一节 工序诊断调节法的设计	(165)
一、工序诊断调节及其费用函数	(165)
二、最宜诊断间隔的确定	(169)
第二节 工序诊断调节法的运用	(172)
一、调节界限	(172)
二、不良品筛选	(173)
第三节 工序诊断调节要素的优化	(174)
一、工序的优化	(174)
二、诊断方法的优化	(177)
三、调节方法的优化	(180)
第七章 工序运行的预测与校正	(184)
第一节 预测、校正及其程序	(184)
一、工序运行预测及校正因素	(184)
二、工序运行预测与校正的程序	(185)
第二节 最宜校正周期	(185)
一、波动的周期分析	(185)
二、最宜预测校正周期的确定	(191)
第三节 最宜校正量与校正作业	(196)
一、最宜校正量的确定	(196)
二、校正作业	(198)
第八章 工序控制咨询	(200)
第一节 工序控制咨询及其程序	(200)
一、工序控制咨询的概念	(200)
二、工序控制咨询的程序	(200)
第二节 工序控制咨询的内容与方法	(201)
一、诊断与调查	(201)
二、确定咨询课题	(202)
三、设计工序控制的改进方案	(202)
四、咨询报告	(203)
附表	(204)
附表 I (1) 正态分布表 ($u \leq 0$)	(204)
附表 I (2) 正态分布表 ($u \geq 0$)	(205)
附表 II 正态分布的双侧分位数 (u_α) 表	(206)

附表 II	χ^2 分布表	(207)
附表 IV	χ^2 分布的上侧分位数 (χ_{α}^2) 表	(209)
附表 V	F 检验的临界值 (F_{α}) 表	(210)
附表 VI	常用正交表	(215)
附表 VII	正交表的行列法与点线图	(223)
参考文献		(226)

第一章 工序控制论引言

第一节 工序控制概念

一、工序概念

产品实体质量是通过市场研究、产品开发设计、生产技术准备、制造、质量检验、销售、服务以及使用等过程形成的。在产品质量形成过程中，制造过程所经历的时间与工序流程是最长的，所占用的活劳动与物化劳动的比重是最大的，所涉及的职能是最多的，所占的空间范围是最广的。

因此，制造过程所经历的一系列工序的质量，对保证与提高产品质量起着重要作用。只有工序质量能满足制造要求，才能实现产品开发设计所定的质量目标，才能生产出满足用户期望的优质品。

在质量管理科学中，所谓工序（Process）是指生产与检验原材料与产品的具体阶段。也就是指人员（Man）、机器设备（Machine）、材料（Material）、方法（Method）、环境条件（Environment）、测量手段（Measurement）等六大质量因素（通常简称5M1E），对产品质量发挥综合影响的过程，如图1-1.1所示。

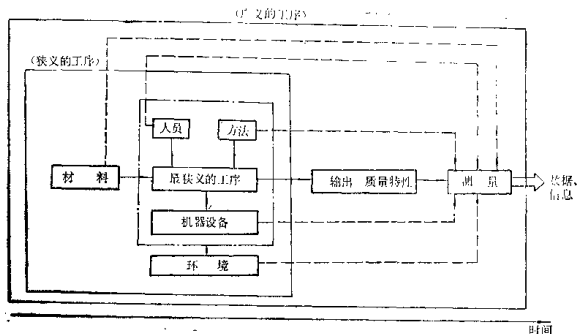


图1-1.1 工序概念图

在此综合影响过程中，首先把5M1E输入，继而发挥理化的转换作用，然后输出转换的结果，并进行测量。因此，工序是一种价值转换过程：

5M1E输入→转换→产品质量输出

从统计意义上说,工序也是总体的一种模式。因为,工序是抽取样本的一种源。

所谓工序质量,就是指工序满足制造要求的程度、满足程度的高低(工序质量水平高低),取决于人员素质、机器设备的固有质量与使用质量、材料质量的均匀性与稳定性、工艺方法的科学性与可行性、环境条件的适宜性以及测量手段与测量技术水平,这一般可通过工序所产产品的质量特性值分布予以综合表现。

这里所说的工序所产产品,既包括过去已出产品的产品和现时正在生产中的产品,也包括工序在未来将出产品的产品的总和。而未来将出产品是无限的,所以,从生产持续性观点出发,应把工序视为一种永存实体;从概率统计观点出发,应把工序视为一种无限总体。

二、工序控制概念

由于5M1E等质量因素对产品质量的综合影响,在方向、大小、强度上不一致,自然导致工序质量水平的不同,即工序满足制造要求的程度不同。从而,工序运动的输出结果——产品质量,必然产生优劣差异。最终导致企业质量信誉与质量效益的差异。

因此,为了保证工序质量水平沿着人们的期望方向发展,处于人们期望的范围,就必须对上述5M1E等质量因素,进行调查研究分析,从它们的交互影响的复杂机理中,发现其规律,掌握其动态,衰减与抑制其对质量的不利作用,维持与强化其对质量的有利作用。这些活动的全体,我们称为工序控制。

工序控制的对象是工序的异常波动。工序控制的功能是:为分析工序状态,维持工序状态稳定受控,调整工序等提供质量信息。

概括说,工序控制是通过监视与控制活动,保持工序状态经常处于期望水平的活动。

工序控制论就是研究工序控制的理论与方法。

第二节 工序质量波动及其规律

一、工序质量的波动性

工序是持续运动的总体,在运动中不断产生波动。这种波动可通过工序所出产品予以表现,即通过产品质量特性值的波动体现出来。产品质量是指产品满足用户需求的程度,即指产品满足规定需求或潜在需求所具备的特性与特征的总和。表现这些特性与特征的产品性能、寿命、可靠性、安全性与经济性、装饰性等,一般称为质量特性。

在当今科学技术水平下,产品的质量特性值的波动性,仍是一个客观的规律表现。譬如,就机电产品的生产来说,在同一工序,由同一名工人,操纵同一台机床,使用同一种原材料,按照同一种标准规范与工艺方法,在同一环境条件下,制造若干件同种零部件(或产品),并用同一台计量仪器测量这些加工完毕的零部件(或产品)时,这些零部件(或产品)的实测值(尺寸、重量、硬度、……)总是达不到完全相同,而经常分散于一个数域内,呈参差不齐状。这种现象,我们称之为产品质量特性值的波动。这种质量波动,是客观存在的,是不能完全消除的,只能通过质量控制衰减或缩小其波动幅度。

产品质量特性值的这种波动性,导源于工序质量波动,同时也反映了工序质量波动。因而,它受人员、机器设备、材料、方法、环境条件、测量手段等质量因素固有波动的合成影

响，如图1-2.1所示。

从图1-2.1可知，只有使5M1E因素全部保持稳定正常，才能保证工序状态正常，从而保证产品质量稳定优质。否则，只要5M1E因素中，有一个发生异变，就可能波及工序质量发生异常波动。如果不及时抑制与纠正，显然会使产品质量特性产生偏差。如把此种偏差记为 δ ，则 δ 等于产品质量标准中心值 m_0 与产品质量特性实测值 x 之差的绝对值，即：

$$\delta = |m_0 - x| \quad (1-2.1)$$

此 δ 值超越一定范围，产品便变为不良品（这里把不良品定义为可返修品、回用品、降等级品、废品之总和，但不一定等于四项之和，例如医药工业的药品、机电产品中的安全部件，不良品即等于废品）。这时，偏差值 δ 就反映工序质量未满足加工要求而发生波动的程度。因而有追查偏差产生原因和采取纠正措施的必要。

引起工序质量波动的原因有两种：偶然性原因和系统性原因。

偶然性原因是指，经常、大量、随机地存在工序运动中，可能引起工序质量与产品质量发生微小变化的、难以查明和难以消除的原因，如原材料质量（成分）上的微小变化，机器设备的微小振动，工模具的正常磨损，夹具的微小松动，工人操作中的细微差异，环境温度与湿度的微小升降，测量显示或读数的微小误差，等等。这些微小变化的方向、大小是不定的，并且可能存在着方向、大小的相互抵消。因而，对质量特性值的影响也不显著。既然不显著，在技术上就难以测出，难以查明，即使测出查明，也难以消除。有时，费力消除这些微小差异，在经济上也是不值得的。可以设想，消除机械加工中 $\delta=0.0001$ 的误差，是很困难的，并且要付出巨大代价。

所以，由偶然性原因引起的工序质量波动，是难以避免的，只能承认其存在的相对合理性。因此，一般认为这是正常波动。

系统性原因是指，引起工序质量与产品质量发生显著变化的、可以查明并且可以消除的原因。譬如说，原材料的质量（成分配比）、批次的显著变化，机器设备安装调整不当及设备慢性故障，夹具损毁，工具与模具过度磨损，工人违反操作规程，环境条件剧变，测量手段精度失常，等等。这些变化的方向和大小，或者维持在一定水平上，或者遵循一定的规律（线性、非线性、周期性等）。因而，在技术上易于识别，易于消除。应该通过一定的技术与管连措施予以抑制或消除。

一般认为，由系统性原因引起的工序质量波动是可以避免的，是应该消除的异常波动。

工序控制的功能，就在于把偶然性原因引起的工序质量波动与系统性原因引起的工序质量波动区分开来，进而发现与控制异常波动。

当然，难以查明的工序质量波动与易于查明的工序质量波动的区分，是历史的、相对的。随着科学技术的进步，某些难以查明的工序质量波动，也可能转化为可以查明的，并且

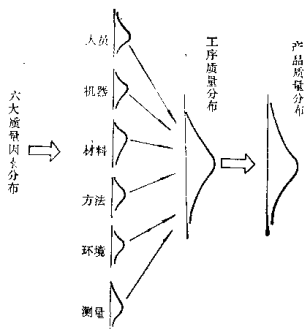


图1 2.1 工序质量波动与产品质量波动

成为可以控制的工序质量波动。

二、工序质量波动的规律

工序质量波动值是随机变量，通过其产品质量波动表现出来。依据大数定律，大量产品的质量波动，必然显现出一定的规律性，遵循于一定的概率分布。又依据中心极限定律（ n 个独立、同分布的随机变量之和，趋近正态分布），我们可以确认，一群相互独立的、具有同分布的连续型质量特性值的综合，当它们的波动属于正常波动时，其分布一般服从正态分布或渐近正态分布，其分布函数表达式为：

$$P(a < x < b) = \int_a^b \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (1-2.2)$$

式中 μ ——分布均值； σ ——分布标准差。

一群离散型质量特性值，当它们的波动属于正常波动时，其分布一般服从二项分布（就计件质量特性值而言）或泊松分布（就计点质量特性值而言）。

二项分布的表达式为：

$$P(d) = \sum_{i=0}^m \binom{n}{d} p^d (1-p)^{n-d} \quad (1-2.3)$$

该分布的均值为 np ，标准差为 $\sqrt{np(1-p)}$ 。

泊松分布的表达式为：

$$P(c) = \sum_{c=0}^m \frac{n^c p^c}{c!} e^{-np} \quad (1-2.4)$$

该分布的均值为 np ，标准差为 $\sqrt{np}$ 。

由于二项分布和泊松分布在一定条件下（ $np \geq 5$ ），近似正态分布，所以在后述各章节中，阐述质量波动问题时，均以正态分布为理论依据，并认定所讨论的分布遵从或近似正态分布。

如果不能明确认定该分布属于正态分布或近似正态分布，则需要做质量特性值分布的正态性检定。正态性检定的常用方法，有峰度法、直方图法和正态概率纸法等等。由于峰度法过于麻烦，直方图法虽简便，但失之粗略，所以本书只介绍正态概率纸法。

利用正态概率纸做分布的正态性检定的程序和方法如下：

- (1) 收集一批质量特性数据 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。
- (2) 数据分组，并列成频数表。
- (3) 计算累积频率 $\Phi(x)$ ，其公式如下：

$$(\Phi x_i) = \begin{cases} 0 & x < x_1 \\ \frac{2F_i - 1}{2n} & x_i \leq x < x_{i+1} \\ \frac{2n - 1}{2n} & x_n \leq x \end{cases} \quad (1-2.5)$$

式中 x_i ——第 i 个分组的上组界值； F_i ——第 i 个分组中，数据的累积频数； n ——样本含量。

- (4) 在正态概率纸上描点，并按点的分布拟合一条线段。

表 1-2.1

数据分组	频数(f_i)	累积频数(F_i)
7.025~7.175	1	1
7.175~7.225	2	3
7.225~7.275	14	17
7.275~7.325	18	35
7.325~7.375	26	61
7.375~7.425	20	81
7.425~7.475	13	94
7.475~7.525	4	98
7.525~7.575	2	100

(5) 正态性检定：如果线段近似于一条直线，则判定该工序质量分布遵从正态分布。否则，判定为非正态分布。

例 1-2-1 抽取含量 $n=100$ 的一个样本，按分组（组距 h ）并计算其频数与累积频数后，得表 1-2.1 所示数据。

根据表 1-2.1 所记数据，利用公式 (1-2.5) 计算累积频率，得：

$$\Phi(x_1) = \frac{2 \times 1 - 1}{2 \times 100} = 0.005$$

$$\Phi(x_6) = \frac{2 \times 81 - 1}{200} = 0.805$$

$$\Phi(x_2) = \frac{2 \times 3 - 1}{200} = 0.025$$

$$\Phi(x_7) = \frac{2 \times 94 - 1}{200} = 0.935$$

$$\Phi(x_3) = \frac{2 \times 17 - 1}{200} = 0.165$$

$$\Phi(x_8) = \frac{2 \times 98 - 1}{200} = 0.975$$

$$\Phi(x_4) = \frac{2 \times 35 - 1}{200} = 0.345$$

$$\Phi(x_9) = \frac{2 \times 100 - 1}{200} = 0.995$$

$$\Phi(x_5) = \frac{2 \times 61 - 1}{200} = 0.605$$

把 $[x_i, \Phi(x_i)]$ 描在正态概率纸上，得图 1-2.2。由图 1-2.2 可见，该例所代表的分布，在正态概率纸上呈一直线状，所以，可确认为正态分布。

一般说来，正态概率纸上的线条形态，与分布类型间有如图 1-2.3 所示的对应关系。

在正态分布或近似正态分布的条件下，表述工序质量波动的特征值，基本上有三类。一为表现工序分布集中程度的特征值，它反映质量波动的集中趋势，即质量特性值的分布中心集中于什么位置上。描述这类特征值的，多用正态分布均值 μ 。由于工序总体的均值 μ 计算不出来，一般用样本统计量 $\bar{x} = \sum x_i / n$ （样本均值）、 $\tilde{x}$ （样本数列的中位数）、 M （众数，即频率最大的数）等来估计。二为表现工序分布散差程度的特征值。它反映工序质量特性值的分散范围。描述这类质量波动特征值的，多使用正态分布的标准差 σ 。一般用样本标准差 $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{V} \left[V = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \right]$ ，极差 R ($R = x_{n+1/2} - x_{1+1/2}$) 来估计。有时还可用波动系数 CV ($CV = \sigma / \mu \approx \sigma_{\bar{x}} / \bar{x}$) 来描述质量波动相对量的大小。这是因为，量值大的观测对象，绝对波动量大；量值小的观测对象，绝对波动量小。而 $\sigma_{\bar{x}}$ 只反映绝对波动量的大小，不能反映相对波动量的大小。三为表现工序分布的顶端状态的特征值。分布顶端状态的描述，一般用峰度系数 γ 。

$$\gamma = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{n} \left(\frac{n}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right) \quad (1-2.6)$$

$\gamma < 3$ 时，峰呈平缓态； $\gamma = 3$ 时，峰呈正态； $\gamma > 3$ 时，峰呈尖态。〔见图 1-2.4 的 (a)、(b)、(c)〕

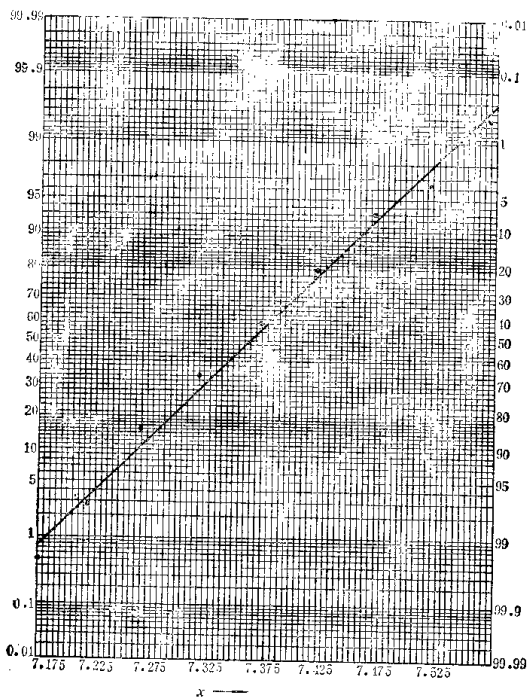


图1-2.2

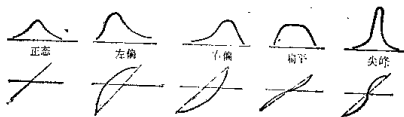


图1-2.3

理论已证明，只要分布参数 μ 、 σ 已知，就意味着分布形态已知。故通过 μ 与 σ ，一般可把工序质量波动规律作如下描述。

当仅存在偶然原因引起的质量波动时，

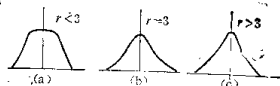


图1-2.4

工序分布形态一般是不偏不散的,以 μ 为中心的对称状,并且随时间的推移,无显著变化,如图1-2.5所示。

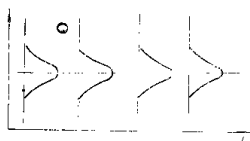


图1-2.5

图1-2.5所表征的质量波动,理论上称为正常波动。在实际中,通过规格公差与公差制度来反映。

当存在系统性原因引起的质量波动时,工序质量分布一般可能出现异常变化。这种变化可能表现为如下数种:

(1) 工序总体分布参数 μ 未发生变化, σ 发生某种有规律性(譬如,分布逐渐向左或向右侧的变化)或无规律性的变化。这时,分布形态是散而不偏状,如图1-2.6所示。

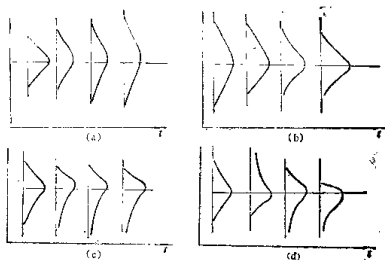
(2) 工序总体分布参数 σ 未变, μ 发生偏移(即分布中心位置向左侧或右侧偏移)。这时,分布形态呈偏而不散状,如图1-2.7所示。

(3) 工序总体参数 μ 与 σ 均发生变化。这时,分布呈既偏又散状,如图1-2.8所示。

以上说明了偶然性原因和系统性原因所引起的质量波动,同工序总体分布变化间的关系。

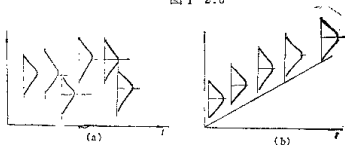
在制造过程中,随机抽样并观测其质量波动时,如果其波动是由偶然性原因引起的,则工序质量大体遵从正态分布。这种波动一般称为被控制的波动(Controlled dispersion)。

当工序只出现被控制波动时,则说工序处于控制状态(Controlled state)或稳定状态,图1-2.5显示了这种状态。如果其波动是由于系统性



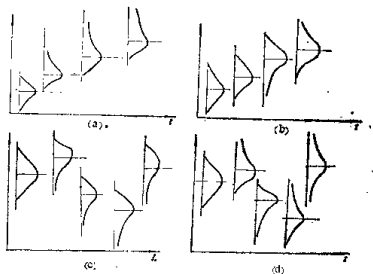
(a) σ 呈散变化 (b) σ 呈收敛变化
(c) σ 呈单向偏移 (d) σ 呈无规律偏移

图1-2.6



(a) μ 呈无倾向性变化 (b) μ 呈倾向性变化

图1-2.7



(a) μ 、 σ 均呈倾向变化 (b) μ 呈倾向变化, σ 呈无倾向变化
(c) μ 呈无倾向变化, σ 呈倾向变化 (d) μ 、 σ 均呈无倾向变化

图1-2.8

原因引起的,则这种波动称为非控制的波动(Uncontrolled dispersion),或异常波动。当工序出现有非控制的波动时,则说工序处于失控状态(Uncontrolled state),图1-2.6、1-2.7、1-2.8显示了这种状态。

工序控制就是利用上述质量波动规律,来识别与控制系统性原因所造成的非控制的波动或者说异常的波动,以保持工序处于控制状态。

三、质量波动损失

既然工序存在质量波动,就会导致产品质量发生波动,从而带来质量损失,并且降低社会经济效益。

质量波动损失大致有两类。一类是质量波动导致故障、公害以至灾害所带来的损失,这类质量损失将危及生产者、消费者和其它社会成员;另一类是质量波动导致产品性能、可靠性等质量特性降低所带来的损失,这类质量损失主要涉及生产者和消费者,有时也危及其他社会成员。

质量波动损失的事后计算,是比较容易的,不是工序控制所应讨论的范围。故本节只讨论质量波动损失的事前估算。

质量波动损失的事前估算,只能依据设计与制造质量进行预估。为此,建立质量波动损失函数。

设,产品质量特性的标准值为 $m_0 \pm \Delta_0$,质量特性值为 Y 的产品,发生质量波动后,给用户带来的损失为 $L(Y)$,则当 $Y = m_0$ 时, $L(Y) = L(m_0) = 0$ 。

当 Y 对 m_0 的偏差达到 $\pm \Delta_0$ 时,显然有:

$$L(Y) = L(m_0 + \Delta_0) = L(m_0 - \Delta_0) = A_0 \quad (1-2.7)$$

A_0 为 $Y = m_0 \pm \Delta_0$ 时,用户蒙受的损失。

把质量波动损失 $L(Y) = L(m_0 + Y - m_0)$ 围绕目标值 m_0 作泰勒展开,则得:

$$\begin{aligned} L(Y) = L(m_0 + Y - m_0) &= L(m_0) + \frac{L'(m_0)}{1!} (Y - m_0) \\ &+ \frac{L''(m_0)}{2!} (Y - m_0)^2 + \frac{L'''(m_0)}{3!} (Y - m_0)^3 + \dots \end{aligned} \quad (1-2.8)$$

在 $Y = m_0$ 时,损失函数 $L(Y)$ 不仅等于0,而且是最小值。故微分 $L'(m_0) = 0$,从而公式(1-2.8)右边第一项与第二项变为0。又由于偏差值 $|Y - m_0|$ 非常小,故泰勒展开式的第四项以后各项都远远小于第三项,因而可忽略不计。所以,因质量特性值 Y 的波动而引起的损失,可用泰勒展开式第三项表达,即损失函数的主项可用如下公式表出:

$$L(Y) \approx \frac{L''(m_0)}{2!} (Y - m_0)^2 \quad (1-2.9)$$

令 $(Y - m_0)^2$ 的系数为 k ,则公式(1-2.9)可写成:

$$L(Y) \approx k(Y - m_0)^2 \quad (1-2.10)$$

公式(1-2.10)的函数图形,一般如图1-2.9所示。

把公式(1-2.7)代入公式(1-2.10),得:

$$A_0 = k(Y - m_0)^2 = k\Delta_0^2 \quad (1-2.11)$$

由公式(1-2.11),得:

$$k = A_0 / \Delta_0^2 \quad (1-2.12)$$

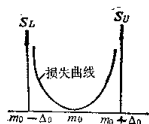


图1-2.9