

文章编号:1672-6197(2004)02-0051-06

铸造质量控制中的数理统计方法

陈宗民, 王卫国, 莫德秀

(山东理工大学 机械工程学院, 山东 淄博 255049)

摘要: 数理统计分析是一种十分有效的质量分析和控制手段, 生产中最重要工具包括七种数理统计工具和新七种数理统计工具. 以 CY6140 车床床身铸件的生产过程为例, 介绍了如何在铸造生产中应用排列图、因果图找出铸件主要废品及产生废品的主要原因, 用散布图判断变量相关性, 用直方图判断工序状况并用控制图动态地判断工序波动情况. 通过对这些生产实例的分析, 介绍了统计方法在铸造生产质量控制中的基本应用.

关键词: 质量控制; 质量管理; 铸造; 数理统计方法

中图分类号: TG247

文献标识码: A

Statistical methods in quality control of casting

CHEN Zong-min, WANG Wei-guo, MO De-xiu

(School of Mechanical Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract: Statistics is an effective method for quality analysis. The most important in production are seven statistical methods and new seven QC tools. The production process of lathe bed casting being taken as an example, the methods of how to use pareto diagram, cause and effect diagram, scatter diagram, histogram and control chart during casting production are introduced.

Key words: quality control; quality management; casting; statistical methods

数理统计方法(Statistic Methods)是 TQC 中数据采集、整理、分析的基础工具. 针对要解决的质量问题先搜集数据; 将收集到的数据进行整理归纳, 形成数、表、图形或计算出特征值, 如平均值、中位数、百分比等; 然后对这些数、表、图形进行观察分析, 找出其中的数理统计规律. 这些规律告诉我们生产或工作是否合乎要求, 是否需要采取技术措施. 最后经过进一步的判断找出主因, 利用专业技术手段和组织协调措施达到提高质量的目的. 在 TQC 中常用的数理统计工具有所谓的“七种数理统计工具”和“新七种工具”.

七种数理统计工具^[1]包括:

(1) 因果图(Cause and Effect diagram)

(2) 排列图(Pareto diagram)

收稿日期: 2003-11-13

作者简介: 陈宗民(1963-), 男, 副教授, 硕士.

(3) 直方图(Histogram)

(4) 管理图(Graph and control chart)

(5) 散布图(Scatter diagram)

(6) 检查表(Check sheet)

(7) 分层法(Stratification)

新七种工具^[2]包括:

(1) 系统图法(Tree Diagram methods)

(2) 矩阵图法(Matrix Diagram methods)

(3) 矩阵数据分析法(Matrix Data - Analysis

(4) 关联图法(Relations Diagram methods)

methods)

(5) KJ 法(Affinity Diagram methods)

(6) 过程决策程序图法(PDPC methods)

(7) 箭条图法(Arrow Diagram methods)

另外,在进行 QC 活动时,还可以结合一些价值工程理论工具,如实现困难评分法、功能系数评价表等。

1 应用实例

1.1 用排列图法分析现状

以 CY6140 床身铸件为例. 该铸件为出口产品,精度、外观、内在质量要求均较高,结构复杂. 生产初期废品率和不良品率一直较高. 为此,决定成立 QC 小组对该铸件进行改进. 对生产初期的数据进行统计,并做排列图. 前 8 个月共生产 390 件,其中废品 62 件,废品率 15.8%. 在 328 件合格品中,不良品 206 件,不良品率高达 60.8%.

作统计表时,应将各种类项目按出现频数(件数)从大到小的顺序排列,并计算累计百分数(见表 1、表 2). 排列图的左纵坐标为频数坐标,右纵坐标为累计百分数坐标. 左纵坐标的总件数应对应右纵坐标的 100%处. 右坐标 80%下方为 A 类区,80%~90%处为 B 类区,90%~100%处为 C 类区. 从排列图上可以找出主要问题或影响质量的主要原因,通常 A 类区的项目占总件数的 80%左右,因此是主要问题;B 类区的项目占总件数的 10%左右,因此是次要问题;C 类区的项目占总件数的 10%左右,是更次要的一般问题. 从图 1 可知,砂眼和气孔是产生废品的主因,从图 2 可知,外观粗糙和硬度低是产生不良品的主因.

表 1 废品分类统计表

废品种类	件数	百分数/%	累计百分数/%
砂眼	29	46.7	46.7
气孔	18	29	75.7
无加工	7	11.3	87
裂纹	2	3.2	90.2
浇不足	2	3.2	93.4
其它	4	6.6	100
合计	62		100

表 2 不良品分类统计表

不良品种类	数量/件	百分数/%	累计百分数/%
外观粗糙	87	42.2	42.7
硬度低	60	29.2	71.4
错箱	25	12.1	83.5
跑火	13	6.3	89.8
其它	21	10.2	100
合计	206		100

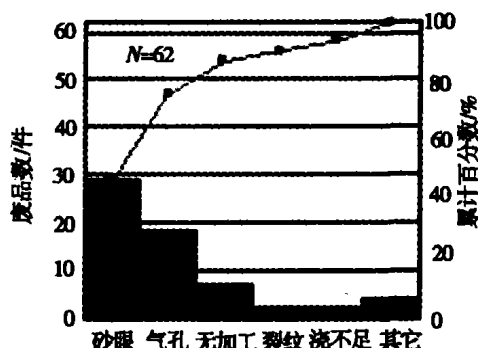


图 1 床身废品排列图

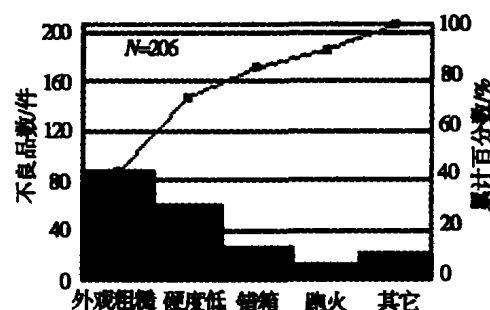


图 2 床身不良品排列图

1.2 用因果图讨论分析造成废品和不良品的主因(以导轨砂眼为例)

因果图是表示质量特性和原因关系的图.作因果图时,要召集与该质量问题有关的人员参加讨论,创造一个各抒己见、集思广益的会议气氛.因果图的形式如图3所示.作因果图时,大原因可从“人、机、料、法、环”方面入手,也可根据具体的生产和工艺情况确定.因果图应挂在生产现场,让每个相关者都能看到.

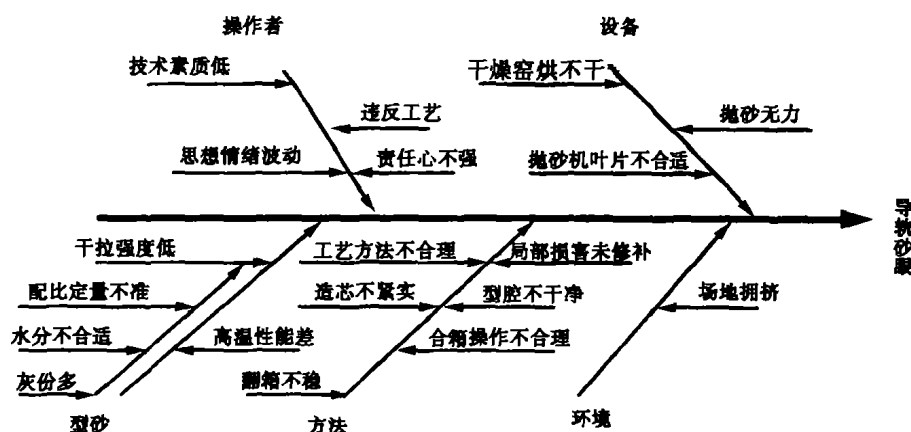


图3 导轨砂眼因果图

为了更准确地找出主要原因,在用因果图分析、讨论的基础上,运用价值工程中的“实现困难评分法”对因果图中影响砂眼的各种因素进行对比打分(见表3)。

表3 产生导轨砂眼因素评分表

	A	B	C	D	E	F	G	H	合计	名称
A	×	2	2	1	1	0	3	3	12	责任心不强
B	1	×	1	0	0	0	1	2	5	局部损坏未修
C	1	2	×	1	0	0	1	2	7	抛砂无力
D	2	3	2	×	1	0	1	3	12	型砂干拉强度低
E	2	3	3	2	×	1	2	3	16	工艺设计不合理
F	3	3	3	3	2	×	3	3	20	合箱操作不合理
G	0	2	2	2	1	0	×	2	9	翻箱不稳
H	0	1	1	0	0	0	1	×	3	灰份多

由打分得出影响砂眼的主要因素为:F、E、A、D.接下来即可针对主因制订对策。

1.3 用直方图判断分析工序状况

直方图是通过对数据的加工整理,从而分析和掌握质量数据的分布情况和估算工序不合格率的一种方法.其做法可参阅文献[3].描述直方图的关键数据有两个,一个是平均值,另一个是标准偏差.当工序处于稳定状态时,数据基本满足正态分布,直方图呈对称分布,我们称之为正常型.在这种情况下,实际数据分布范围应当在控制规格范围T以内.图4为CY6140床身铸件在

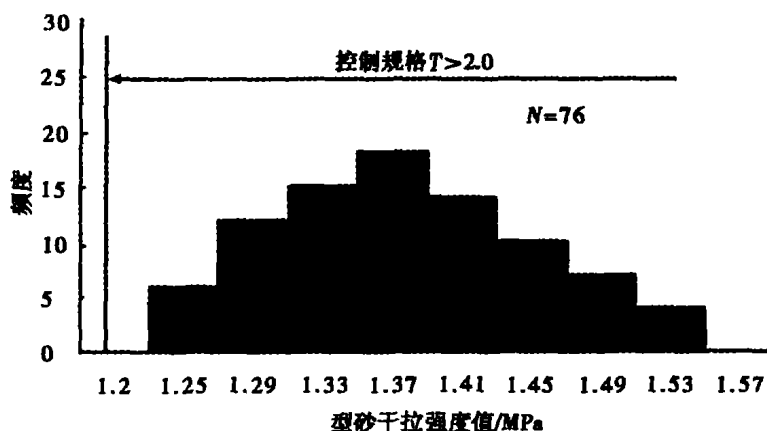


图4 型砂干拉强度直方图

上述 QC 活动的执行措施阶段,通过收集数据,计算得到的“型砂干拉强度直方图”.从图中可知,采取措施后的效果是显著的.

1.4 利用散布图分析两个变量的相关性

散布图也叫做相关图,是表示两个变量之间变化关系的图.判断分析散布图有两种方法:一种是对照典型图法;另一种是符号检定法.前者比较直观.图 5 是铁水出炉温度与抗拉强度间的散布图.它表明,在测量范围内随着出炉温度的提高,铸铁抗拉强度升高但两者的相关性不明显,我们称之为弱正相关.

应用散布图应该注意以下几点:

(1)相关性的判定只限于作图所用数据范围,不得随意延伸.

(2)应将具有不同性质的数据分开作散布图,否则,导致不真实的判定.

(3)个别偏离分布趋势的点,可能是特殊原因造成的,判明原因后可以舍去.

(4)要用专业技术对相关分析的结果加以鉴别,避免出现伪相关现象.

1.5 用控制图法^[4]动态地分析判断工序的波动情况

生产过程中质量波动的综合体现是工序质量特性值的波动,应用抽样检查和统计图表可以判明工序质量波动的规律.

1.5.1 质量波动的规律

产品质量的变异,是通过质量特性值的差异反映的.这种差异表现为质量的波动和分布,前者反映质量和时间关系,后者反映质量和空间的关系.在正常条件下,由正常性原因引起质量特性值的波动和分布具有一定的统计规律,随着质量特性值的数学性质不同,其分布规律也就不同.质量数据一般分为计量值数据和记数值数据两大类.计量值数据是具有连续分布性的数据,是通过计量手段测量得到的质量特性值(如炉温、强度、成分等).计量数据一般都遵循正态分布规律.记数值数据是具有离散分布性的数据,即可以通过查数的方法得到,以整数表示的、不连续的质量特性值,如废品率、缺陷数等.记数值数据的一般分布规律有二项式分布、泊松分布、指数分布等.在质量管理中用的是正态分布.

当工艺过程中只存在正常性因素的影响时,产品质量数据的变异必然遵循正态分布规律,如图 6 所示,正态分布有两个基本参数,即平均值(μ)和标准差(σ).平均值反映质量特性值的集中位置,标准差是衡量数据偏离平均值幅度的主要参数,反映质量特性值的分散性.平均值和标准差是根据概率原理从总体(母体)中算出的,是对工艺规程的全过程而言的.它们不仅包括已经造好的产品,而且包括正在制造和尚未制造的产品.在工序稳定,取样较多的情况下,可以在生产过程中抽出一定数量的产品(子样),测算取得这批产品特性值的算术平均值(\bar{X})和标准偏差(S),用 \bar{X} 和 S 近似地确定 μ 和 σ 的值.所以在抽样检验中,可以认为 $\sigma \approx S$; $\mu \approx \bar{X}$.其计算公式如下:

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

式中: x_i 为各数据值; \bar{X} 为数据的平均值; n 为数据的数目.

为了掌握质量波动的规律,进行工序和产品质量控制,需要进行质量数据的收集、整理和分析.在质

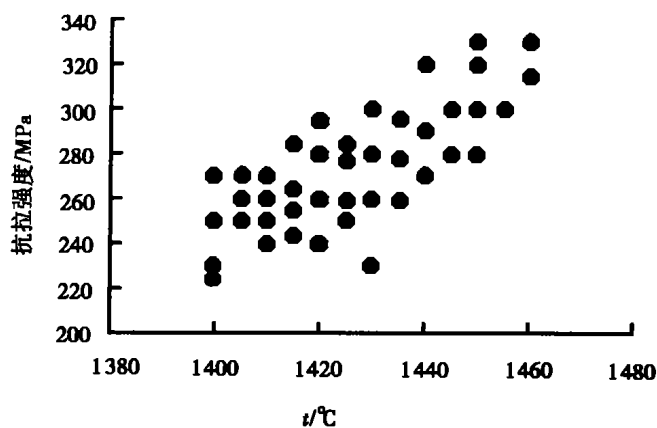


图 5 出炉温度与抗拉强度相关图

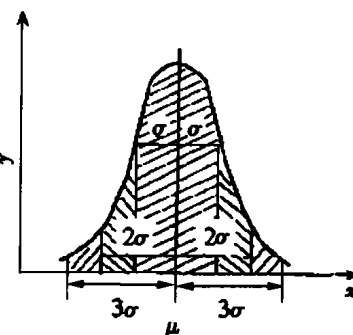


图 6 正态分布曲线及意义

在 $\mu \pm \sigma$ 范围内的面积占 68.26%
在 $\mu \pm 2\sigma$ 范围内的面积占 95.45%
在 $\mu \pm 3\sigma$ 范围内的面积占 99.73%
在 $\mu \pm 4\sigma$ 范围内的面积占 99.99%

量管理中,多用抽样检验的方法,取得质量数据.抽样,就是从被检验母体(工序和产品)中,抽取部分子样,利用控制图对子样数据整理、分析,推断母体的质量情况.

1.5.2 用控制图分析工序质量的波动状态

在生产过程中,工序质量有两种波动状态:受控状态和失控状态.例如以含铬量(Cr%)作为工序质量特性值,其分布参数为 $Cr\% = X(\bar{X}) \sim N(\mu, \sigma^2)$ 则工序质量的两种状态可以用 μ 和 σ 的变化来表示.

受控状态:工序处于受控状态时,质量特性值的分布特性不随时间而变化,始终保持稳定且符合设计质量的要求.如图7所示, μ_0 和 σ_0 是排除了任何影响工序质量的系统性因素后质量特性值 Cr% 或其统计量的理想分布的数学期望和标准差,代表生产过程中工序质量的控制目标.点子表示随着时间的推移, Cr% 统计量的观测值的散布情况.从图中可见,这些点子依正态分布散布在中心线(μ_0)两侧,没有任何系统性规律,且都介于上下控制线(UCL 和 LCL)之间.

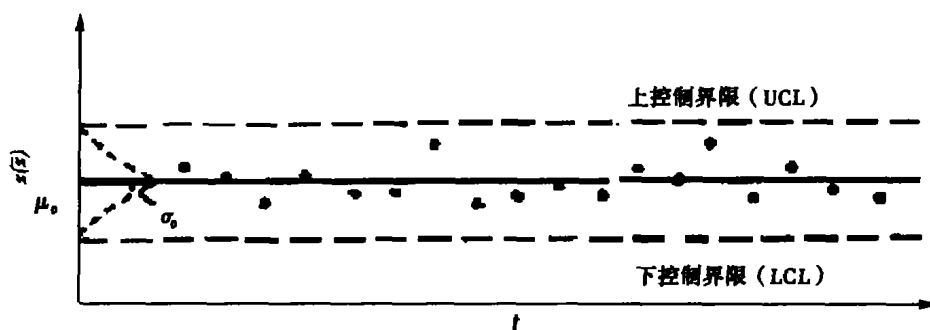


图7 生产过程的受控状态

失控状态:工序质量处于失控状态时,质量特性值的分布特性发生变化,不再符合质量规格的要求.有如下几种不同的表现形式(或兼而有之):

(1) $\mu \neq \mu_0, \sigma = \sigma_0, \mu$ 保持稳定.这时,从表面看,过程状态是稳定的,但由于质量特性值的统计量 x 的分布集中位置已偏离控制中心,点子越出控制界限某侧的可能性变大,如图8所示.

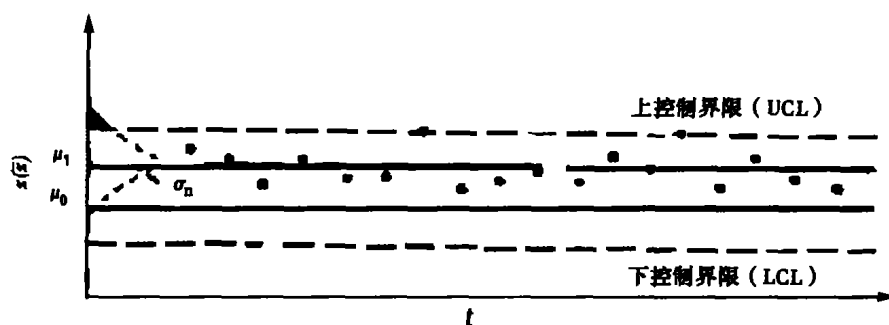


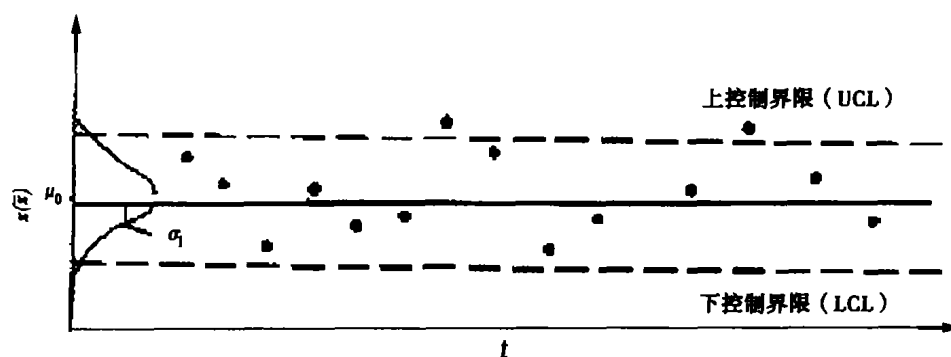
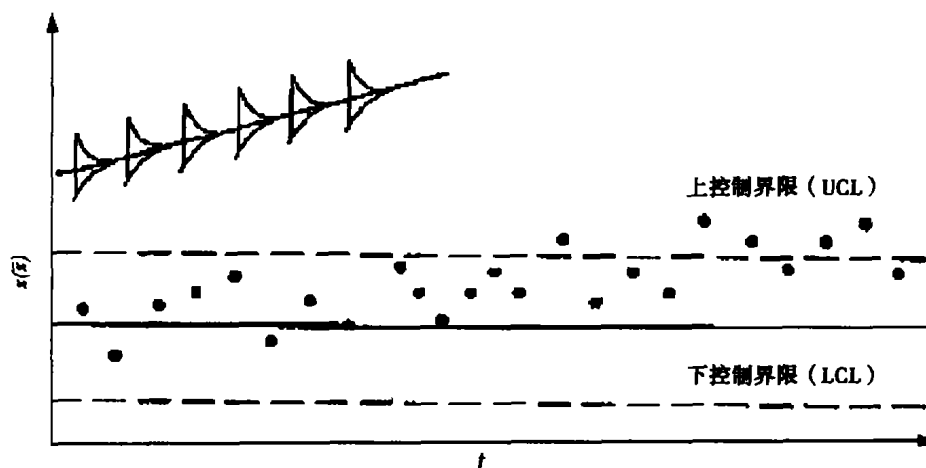
图8 生产过程的失控状态(μ 变化)

(2) $\mu = \mu_0, \sigma \neq \sigma_0, \sigma$ 保持稳定.这时,由于分布的分散程度变大,导致点子越出控制界限两侧的可能性变大,如图9所示.

(3) $\mu \neq \mu_0, \sigma \neq \sigma_0, \mu$ 和 σ 都保持稳定.这时,失控状态更复杂,失控程度可能更严重.

(4) μ 和 σ 中至少有一个不稳定,随时间而变化.图10表示分布集中位置不断增大时的工序质量失控状态.从图中可见,点子呈向上散布的趋势,越出界限的可能性越来越大.

不论是何种形式的失控状态,都表示存在导致质量失控的系统性因素.工序质量控制的基本要求是:一旦发现工序质量失控,就应立即查明原因,采取措施,使生产过程尽快恢复受控状态,尽可能减少因过程失控所造成的质量损失.

图 9 生产过程的失控状态(σ 变化)图 10 生产过程的失控状态(μ 逐渐变大)

2 结 语

由于铸造生产是一个多因素过程,所以非常适于应用数理统计工具进行质量管理.这些工具对提高铸件质量,降低材料消耗,提高企业的竞争能力有非常显著的作用.科学技术的发展,特别是计算机技术的发展更为这些工具的应用创造了更广阔的领域.

参考文献:

- [1] Hitoshi Kume . Statistical Methods for Quality Improvement[M]. Tokyo:3A Corporation, 2000.
- [2] Yoshinobu Nayatani . Seven New QC Tools[M]. Tokyo:3A Corporation, 1994.
- [3] 中国质量管理协会. 全面质量管理基本知识[M]. 北京:科学普及出版社,1990.
- [4] 陈宗民,张先民,栾振涛,等. 控制图法在铸造生产中的应用[J]. 山东理工大学学报(自然科学版),2003,17(5):63-67.