

统计方法应用标准化丛书

# 生产过程 质量控制

王淑君 编著

中国标准出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

生产过程质量控制/王淑君编著. —北京: 中国标准出版社, 1996. 12

(统计方法应用标准化丛书/成平主编)

ISBN 7-5066-1308-5

I. 生… II. 王… III. 生产过程-质量控制 IV. F273.1  
-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 17041 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

电 话: 68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/32 印张 9 字数 255 千字

1997 年 3 月第一版 1997 年 3 月第一次印刷

\*

印数 1—2 000 定价 20.00 元

\*

标 目 299—04

## 丛书编委会

---

主 任      成 平

副主任    马毅林    何国伟

委 员      (按姓氏笔画)

于振凡    于善奇    马毅林

王淑君    冯士雍    何国伟

张尧庭

# 总 序

---

当今世界,由于地区化、集团化经济的发展,贸易竞争日益激烈,产品质量的竞争已成为贸易竞争的最重要的因素。在这种形势下,各企业都深刻地感到不提高产品质量就没有出路,不能生存;产生了强烈的提高产品质量的紧迫感。我国政府有关部门也正在制定质量振兴计划,以迅速提高我国产品的市场竞争能力。提高产品质量,一要依靠技术进步,二要加强科学管理。有人说,三分技术,七分管理,这是很有道理的。GB/T 19000—ISO 9000 族标准的发布为我国企业进行科学的质量管理提供了保证。这一系列标准提出了建立质量体系的一系列要求,并将统计技术也作为要求提出来,可见统计技术是科学质量管理的重要手段,要贯彻质量管理和质量保证标准离不开运用统计技术。

迄今为止,我国已正式颁布了 77 项数理统计方法标准,涉及到数据处理、质量控制图、抽样检验、产品可靠性等方面。这些标准都是由全国统计方法应用标准化技术委员会负责制定、审查的。该技术委员会集中了一批享有声望的数理统计专家。多年来,他们在数理统计应用于质量管理方

面,做了大量的研究和推广工作。为了更好地宣传、推广统计技术,他们编写了这套《统计方法应用标准化丛书》。这套丛书包括下列四个分册:

《数据的统计处理和解释》

《生产过程质量控制》

《产品质量抽样检验》

《可信性工程(可靠性、维修性、维修保障性)》。

这套丛书深入浅出地阐明了在质量管理工作中,如何使用统计方法标准,并介绍了通过使用统计方法标准,提高产品质量、降低产品成本的有效途径。它的出版,无疑对于建立科学的质量体系有着十分重要的指导意义。

这套丛书避免了高深的数学推导,以实用性为主,内容十分丰富,理论上既严谨又通俗易懂,具有可读性、可操作性,是广大科技人员、管理人员掌握数理统计技术的一套好书。

叶柏林

1995.10.15

# 前 言

---

为了提高产品质量,普及质量控制的技术和方法,促进控制图技术更加广泛地应用到国民经济的各个领域,广大质量工作者,迫切希望得到比较深入和系统地介绍控制图的书籍。随着计算机事业的发展、随着质量管理与质量保证标准的深入人心,这种需求日益加剧。

质量控制是指为满足规定质量要求所采取的作业技术和活动;而控制图技术则是质量控制的一种手段。它运用统计学原理,对过程的某一质量特性绘制出“控制图”,以评估和监察过程是否处于“控制状态”,从而把质量管理工作做到生产的过程中,起到“预防为主”的作用。目前,我国已经制定出的控制图方面的国家标准有 GB 4091.1~4091.9—83 9 个常规控制图标准,GB 4886—85《带警戒限的均值控制图》,GB 4887—85《计数累积和图》,GB 6381—86《通用控制图》等。这些标准已在我国某些厂矿企业使用,并逐步推广应用。编者多年来,与有关部门同行孟勤一、蒋鸿章等从事研制控制图国家标准化工作,初步总结了应用控制图的经验,并吸收国外有关控制图方面的成果,编写了此书。

本书比较系统地阐述了控制图的原理和方法,第3章至第6章介绍各种常规控制图和带警戒限的控制图的选择、画法、判别规则等,第7章介绍一种新的控制图技术——累积和控制图。全书重点介绍方法,使读者在掌握基本原理的基础上,能运用各种方法,解决实际问题。各章节有联系,又有相对的独立性。书中有关的实例,对读者有一定参考价值。书的最后一章,给出了一些控制图的数学原理,便于对原理有兴趣的读者参考。

在编写过程中,力求做到理论和实践统一,但因水平有限,不足之处,在所难免,欢迎指正!

最后,在本书出版之际,我感谢年迈的父母王元清先生和陆玲清女士,对我业务工作的一贯支持!

王淑君

1996年2月

# 目 录

---

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 第 1 章 概述                                 | 1  |
| 1.1 过程控制与 ISO 9000 系列国际标<br>准(质量管理和质量保证) | 1  |
| 1.1.1 过程控制的意义                            | 8  |
| 1.1.2 利用控制图进行过程控制                        | 9  |
| 1.1.3 进行过程控制以达到质量特<br>性的目标值              | 10 |
| 1.1.4 过程控制的准备                            | 11 |
| 1.1.5 作业条件的标准化                           | 11 |
| 1.1.6 管理工作的标准化                           | 12 |
| 1.2 控制图的发展及其特殊作用                         | 13 |
| 1.2.1 控制图的发展及其概况                         | 13 |
| 1.2.2 控制图的重要性                            | 16 |
| 第 2 章 基本概念                               | 18 |
| 2.1 产品性能质量及其测定                           | 18 |
| 2.2 产品质量的统计规律                            | 18 |
| 2.2.1 波动                                 | 18 |
| 2.2.2 分布                                 | 20 |
| 2.3 分布的表示法及其意义                           | 23 |
| 2.3.1 平均数的计算                             | 23 |
| 2.3.2 标准偏差的计算                            | 23 |
| 2.3.3 举例计算平均值 $\bar{x}$ 和标准偏<br>差 $s$    | 24 |
| 2.4 正态分布                                 | 25 |

|        |                           |    |
|--------|---------------------------|----|
| 2.5    | 样本与总体·····                | 27 |
| 2.6    | 样本均值分布与总体分布·····          | 30 |
| 2.7    | 正态概率纸的应用·····             | 30 |
| 2.8    | 产品质量的波动与生产过程的关系·····      | 33 |
| 2.8.1  | 产品质量的波动及其造成的原因·····       | 33 |
| 2.8.2  | 正常波动与稳定的生产过程·····         | 34 |
| 2.9    | 常规控制图及其 $3\sigma$ 界限····· | 36 |
| 2.10   | 控制图的实质及其分类·····           | 39 |
| 2.10.1 | 控制图的实质·····               | 39 |
| 2.10.2 | 控制图的种类·····               | 40 |
| 2.11   | 控制图与分层取样·····             | 41 |
| 第3章    | 常规控制图总则·····              | 43 |
| 3.1    | 控制图的基本概念·····             | 43 |
| 3.2    | 计量值与计数值·····              | 44 |
| 3.3    | 常规控制图的种类·····             | 45 |
| 3.3.1  | 计量值控制图·····               | 45 |
| 3.3.2  | 计数值控制图·····               | 45 |
| 3.4    | 常规控制图的作用·····             | 45 |
| 3.5    | 从常规控制图得到的信息·····          | 46 |
| 3.5.1  | 计量值控制图的显示·····            | 46 |
| 3.5.2  | 不合格品率控制图的显示·····          | 47 |
| 3.5.3  | 单位缺陷数控制图的显示·····          | 47 |
| 3.6    | 控制图的有关具体说明·····           | 47 |
| 3.6.1  | 计量值控制图·····               | 47 |
| 3.6.2  | 计数值控制图·····               | 47 |
| 3.6.3  | 控制限和中心线·····              | 48 |

|        |                                 |    |
|--------|---------------------------------|----|
| 3.6.4  | 控制限的设置                          | 48 |
| 3.7    | 合理分组                            | 49 |
| 3.8    | 控制图数量                           | 50 |
| 3.9    | 控制图的判别规则                        | 51 |
| 3.9.1  | 判别依据                            | 51 |
| 3.9.2  | 判别准则相应的概率计算                     | 51 |
| 3.10   | 控制图的选择与功效                       | 53 |
| 3.10.1 | 检出功效                            | 53 |
| 3.10.2 | 计量值控制图                          | 53 |
| 3.10.3 | 计数值控制图                          | 55 |
| 第4章    | 常规控制图的画法及其意义                    | 57 |
| 4.1    | 制作控制图前的准备工作                     | 57 |
| 4.1.1  | 质量特性的选择                         | 57 |
| 4.1.2  | 生产过程的分析                         | 57 |
| 4.1.3  | 收集预备数据前的准备工作                    | 58 |
| 4.1.4  | 选择控制图                           | 58 |
| 4.2    | 控制图的设计步骤及其界限的修正                 | 59 |
| 4.3    | 均值-极差控制图( $\bar{x}$ - $R$ 图)    | 61 |
| 4.3.1  | $\bar{x}$ - $R$ 图的符号及定义         | 61 |
| 4.3.2  | $\bar{x}$ - $R$ 图的画法            | 61 |
| 4.3.3  | $\bar{x}$ - $R$ 图的应用示例          | 65 |
| 4.3.4  | $\bar{x}$ - $R$ 图的意义            | 65 |
| 4.4    | 均值-标准偏差控制图( $\bar{x}$ - $s$ 图)  | 67 |
| 4.4.1  | $\bar{x}$ - $s$ 图的符号及定义         | 67 |
| 4.4.2  | $\bar{x}$ - $s$ 图的画法            | 68 |
| 4.4.3  | $\bar{x}$ - $s$ 图的应用示例          | 71 |
| 4.4.4  | $\bar{x}$ - $s$ 图的意义            | 74 |
| 4.5    | 中位数-极差控制图( $\tilde{x}$ - $R$ 图) | 74 |

|        |                                                        |     |
|--------|--------------------------------------------------------|-----|
| 4.5.1  | $\bar{x}$ - $R$ 图的符号及定义                                | 74  |
| 4.5.2  | $\bar{x}$ - $R$ 图的画法                                   | 75  |
| 4.5.3  | $\bar{x}$ - $R$ 图的应用示例                                 | 76  |
| 4.6    | 单值-移动极差控制图( $\bar{x}$ - $R_i$ 图)                       | 79  |
| 4.6.1  | $\bar{x}$ - $R_i$ 图的符号及定义                              | 79  |
| 4.6.2  | $\bar{x}$ - $R_i$ 图的画法                                 | 80  |
| 4.6.3  | $\bar{x}$ - $R_i$ 图的应用示例                               | 81  |
| 4.6.4  | $\bar{x}$ - $R_i$ 图的应用场合                               | 83  |
| 4.7    | 最大值-最小值控制图( $L$ - $S$ 图)                               | 84  |
| 4.7.1  | $L$ - $S$ 图的符号及定义                                      | 84  |
| 4.7.2  | $L$ - $S$ 图的画法                                         | 85  |
| 4.7.3  | $L$ - $S$ 图的应用示例                                       | 86  |
| 4.7.4  | $L$ - $S$ 图与 $\bar{x}$ - $R$ 图、 $\bar{x}$ - $R_i$ 图的比较 | 89  |
| 4.8    | 不合格品率控制图( $p$ 图)                                       | 89  |
| 4.8.1  | $p$ 图的符号及定义                                            | 89  |
| 4.8.2  | $p$ 图的画法                                               | 89  |
| 4.8.3  | $p$ 图的应用示例                                             | 93  |
| 4.8.4  | $p$ 图的意义                                               | 94  |
| 4.9    | 不合格品数控制图( $pn$ 图)                                      | 95  |
| 4.9.1  | $pn$ 图的符号及定义                                           | 95  |
| 4.9.2  | $pn$ 图的画法                                              | 96  |
| 4.9.3  | $pn$ 图的应用示例                                            | 100 |
| 4.10   | 缺陷数控制图( $c$ 图)                                         | 102 |
| 4.10.1 | $c$ 图的画法                                               | 102 |
| 4.10.2 | $c$ 图的应用示例                                             | 103 |
| 4.11   | 单位缺陷数控制图( $u$ 图)                                       | 105 |
| 4.11.1 | $u$ 图的画法                                               | 105 |
| 4.11.2 | $u$ 图的应用示例                                             | 110 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 4.12 失效比控制图( $\bar{r}(t)$ 图) ..... | 112 |
| 4.12.1 $\bar{r}(t)$ 图的符号及定义 .....  | 113 |
| 4.12.2 $\bar{r}(t)$ 图的画法 .....     | 113 |
| 4.12.3 $\bar{r}(t)$ 图的应用示例 .....   | 114 |
| 4.12.4 $\bar{r}(t)$ 图的讨论 .....     | 116 |
| 第5章 带警戒限的均值控制图 .....               | 117 |
| 5.1 带警戒限均值控制图的符号及定义 .....          | 117 |
| 5.2 带警戒限均值控制图的画法 .....             | 118 |
| 5.3 带警戒限均值控制图的使用 .....             | 126 |
| 5.4 带警戒限均值控制图与行动限的修正 .....         | 126 |
| 5.5 带警戒限均值控制图的应用示例 .....           | 126 |
| 5.5.1 准备工作 .....                   | 126 |
| 5.5.2 对过程进行控制 .....                | 128 |
| 5.6 带警戒限均值控制图的优越性 .....            | 129 |
| 第6章 常规控制图的用法 .....                 | 131 |
| 6.1 控制项目的选择 .....                  | 131 |
| 6.2 常规控制图的选择 .....                 | 132 |
| 6.3 常规控制图的观察 .....                 | 133 |
| 6.3.1 正常点子波动的性质 .....              | 133 |
| 6.3.2 异常点子波动的性质 .....              | 133 |
| 6.3.3 判断准则的运算示例 .....              | 135 |
| 6.4 产品质量特性值变动范围与规格的关系 .....        | 136 |
| 6.4.1 产品质量特性值满足规格的情况 .....         | 136 |
| 6.4.2 产品质量特性值不能满足规                 |     |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 格的情况 .....                    | 137 |
| 6.5 使用控制图的优越性及其应用条件 .....     | 138 |
| 6.5.1 使用控制图的优越性 .....         | 138 |
| 6.5.2 控制图的应用条件 .....          | 138 |
| 6.6 控制图具体用途示例 .....           | 139 |
| 6.7 工程能力的定义及其调查研究 .....       | 141 |
| 6.7.1 工程能力的定义 .....           | 141 |
| 6.7.2 工程能力的调查方法 .....         | 142 |
| 6.7.3 工程能力指数及其应用 .....        | 143 |
| 6.8 工程能力调查实况与分析 .....         | 145 |
| 6.8.1 工程能力调查及所测数据 .....       | 145 |
| 6.8.2 有关数据的计算 .....           | 146 |
| 6.8.3 画控制图 .....              | 147 |
| 6.8.4 工程能力调查的分析与研<br>究 .....  | 147 |
| 第7章 累积和控制图 .....              | 149 |
| 7.1 累积和图 .....                | 149 |
| 7.1.1 累积和图的形成 .....           | 149 |
| 7.1.2 累积和图的特点 .....           | 150 |
| 7.1.3 累积和图的使用条件 .....         | 153 |
| 7.1.4 累积和图的决策基础 .....         | 153 |
| 7.1.5 累积和图的制作要点 .....         | 154 |
| 7.1.6 累积和图控制计数的实施方<br>法 ..... | 158 |
| 7.2 监控产品质量均值的累积和方<br>法 .....  | 163 |
| 7.2.1 累积和图的尺度系数 .....         | 166 |
| 7.2.2 累积和图的使用步骤 .....         | 166 |

|       |                         |     |
|-------|-------------------------|-----|
| 7.2.3 | 监控产品质量均值的应用示例 .....     | 171 |
| 7.3   | 监控产品质量离散特性值的累积和方法 ..... | 175 |
| 7.3.1 | 离散特性值累积和方法的决策基础 .....   | 176 |
| 7.3.2 | 离散特性值累积和的表示方法 .....     | 179 |
| 7.3.3 | 离散特性值累积和方法的应用实例 .....   | 182 |
| 7.3.4 | 计量累积和方案设计的选择及应用 .....   | 183 |
| 7.4   | 计数型累积和方法 .....          | 194 |
| 7.4.1 | 计数型累积和图的判定规则 .....      | 195 |
| 7.4.2 | 累积和图的坐标轴及尺度系数 .....     | 197 |
| 7.4.3 | 泊松变量累积和方案的构成准则 .....    | 198 |
| 7.4.4 | 二项变量累积和方案的构成准则 .....    | 200 |
| 7.4.5 | 使用累积和图的准备及程序 .....      | 203 |
| 7.4.6 | 累积和图的应用示例 .....         | 214 |
| 第8章   | 控制图的原理 .....            | 219 |
| 8.1   | 控制图的设计思想 .....          | 219 |
| 8.2   | 与控制图有关的基础知识 .....       | 220 |
| 8.2.1 | 概念 .....                | 220 |
| 8.2.2 | 概率的性质 .....             | 222 |
| 8.2.3 | 分布函数的概念和性质 .....        | 222 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 8.3 常规控制图的一般原理 .....                 | 223 |
| 8.3.1 计量控制图界限的数学<br>原理 .....         | 225 |
| 8.3.2 计数控制图界限的数学<br>原理 .....         | 239 |
| 8.4 带警戒限均值控制图的原理 .....               | 246 |
| 8.4.1 单侧控制图的平均链长公式<br>.....          | 246 |
| 8.4.2 单侧控制图的平均链长公式<br>(8-3)的推导 ..... | 247 |
| 8.4.3 双侧控制图平均链长公式<br>.....           | 250 |
| 8.5 累积和控制图的原理 .....                  | 259 |
| 8.5.1 带有固定控制界限检验方案<br>的原理 .....      | 259 |
| 8.5.2 累积和图的近似理论 .....                | 263 |
| 参考文献 .....                           | 266 |

# 第1章

---

## 概 述

### 1.1 过程控制与ISO 9000 系列国际标准 (质量管理和质量保证)

在质量管理中,过程控制是保证产品质量至关重要的一环。过去我们的企业,在质量管理方面缺乏严格的法规和制度,对产品质量的过程控制没有形成一套规范的决策系统。随着我国加入世界贸易组织的临近及人民币最终将实现自由兑换,企业力求降低成本,提高产品质量变得愈来愈重要,这关系到企业能否打入国内国际市场,并在激烈的竞争中,立于不败之地。

从提高产品质量关键的环节——过程控制着手,从理论上和实际操作上完善现存的过程控制方法,这对于中国企业和产品走向世界,适应国内国际市场的竞争,具有重要意义。

关于过程控制,在ISO 9000 系列国际标准(质量管理和质量保证)中有详细的指南和程序。全世界包括中国在内,共有七十多个国家采用了这个国际标准。从70年代到1994年6月,已向全世界累计发出七万余张质量体系认证证书。近年来,该标准的应用范围也由工业企业逐渐被用于交通、金融、公共设施等服务业中。

在ISO 9000 标准的选择和使用指南中指出,产品或服务的质量是企业经营中的主要因素。近年来,用户对质量提出了越来越严的要求,这已成为世界性的趋势。随着这种趋势的发展,不断提高质量以获得和保持良好的经济效益的认识也在不断加深。企业力求使生产的产品或提供的服务能满足用户的要求,这种要求由规范来体现。但

如果企业的规范或企业的组织体系不完善,则规范本身就不能保证产品及服务质量始终满足用户要求,这样就促使了质量体系标准的产生和发展,用以补充技术规范对产品和服务的要求。在 ISO 9000 中,规定了选择和使用 ISO 9001~ISO 9004 的原则和方法,并阐明几个基本质量名词概念及其相互关系,它适用于产品“过程”的开发设计、制造和使用。这几个名词包括:

质量方针——由某机构的最高管理者正式颁布的总质量宗旨和目标。

质量管理——对达到确定质量要求所必需的职能和活动的管理。

质量体系——为保证产品、过程和服务质量满足规定的质量要求,由组织机构、职责、程序、活动、能力和资源等构成的有机整体。

质量控制——为保持某一产品、过程或服务质量满足规定的质量要求所采取的作业技术和活动。

质量保证——为使人们确信某一产品、过程或服务质量能满足规定的质量要求所必须的有计划有系统的全部活动。

突出质量工作应达到的目的,首先应保证产品的质量能满足用户规定的要求,其次应使企业领导相信本企业能保证达到和维持预定的产品质量要求,同时应使用户相信本企业提供的产品能达到预定的质量要求。必要时,可将证实这种能力的要求订入合同中。

质量体系标准系列可分为两大类:第一类 ISO 9004——质量管理和质量体系要素指南,用于指导企业的质量管理;第二类 ISO 9001, ISO 9002 和 ISO 9003 用于合同环境中的外部质量保证。

第一类质量体系标准指出,一个完善的质量体系是在考虑风险、费用和利益的基础上使质量控制最佳化的重要管理手段,以使企业与用户的需要均得到满足,企业的利益得到保护。这里强调企业应根据市场情况、产品类型、生产特点、用户需要等具体情况来选择相应的要素和采用这些要素的程度。

在第二类质量体系标准中,提出了质量保证有三种模式供合同双方选用,分别代表三种不同的技术和管理能力的形式,它们用于合