

现代质量管理 统计方法

韩直能 李喜军 郑志宏 编著



科学出版社

www.sciencep.com

现代质量管理统计方法

韩直能 李喜军 郑志宏 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍如何用统计方法解决企业管理、国民经济管理、社会管理中经常遇到的实际问题。本书共有 17 章,分若干阶段叙述了数据的收集与处理、描述性统计分析、抽样调查、管理图、回归分析和方差分析、实验设计、可靠性、数量化方法等。本书浅显易懂,特别强调实用性,给出专题研究,有助于学生的创新能力培养。

本书可用作理工科各专业、经济管理各专业本科生的教材和参考书,也可供从事质量管理工作的工程技术人员和相关学科的研究人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代质量管理统计方法/韩直能,李喜军,郑志宏编著. —北京:科学出版社,2007

ISBN 978-7-03-018646-1

I. 现… II. ①韩…②李…③郑… III. 质量管理-统计方法
IV. F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024879 号

责任编辑:陈玉琢/责任校对:刘亚琦

责任印制:赵德静/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 3 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2007 年 3 月第一次印刷 印张: 28

印数: 1—3 000 字数: 535 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<明辉>)

前 言

在世界经济一体化的时代,对大学生开展质量管理教育,特别是统计质量管理教育是非常必要的.近年来许多企业提高了对质量管理的认识,因此,为实现质量管理而编写一本有指导意义的、详细而系统的书是非常有必要的.

本书以作者多年来给学生授课的讲义为基础,收集、整理了在对企业的咨询活动中所遇到的实际质量管理问题.本书注重应用,读者只要具备高等数学、概率统计、线性代数的基本知识就可以阅读.本书可作为理工科各专业、经济管理各专业、统计专业本科生的教材和参考书,也可供从事质量管理工作的工程技术人员和相关学科的研究人员使用.

本书以作者所著的《现代质量管理统计》为基础,增加了抽样调查、回归分析、试验设计和方差分析、可靠性、数量化方法及成绩管理等内容.整体内容比较新颖、实用性强.根据不同专业的需要,可以挑选书中某些章节授课.

参加编著的人还有赵瑛、孙王杰、赵树魁等同志,他们编写了部分章节.特别要提到的是靳芳芳、丁芳、傅冬梅、刘玉娇、季建花同学,他们为此书按期完稿做了大量细致的工作,在此表示真挚的谢意.

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者指教.

作 者

2006年10月于龙潭山脚下

目 录

前言

第 1 章 质量管理的基本概念	1
1.1 质量管理简史	1
1.2 质量与管理	3
1.3 质量管理和统计质量管理	4
1.4 统计质量管理的范围	5
1.5 统计质量管理活动体系和统计方法的应用	5
1.6 全面质量管理(TQM)	7
第 2 章 数据的初步整理方法	9
2.1 母体和样本	9
2.2 数据的分类.....	10
2.3 经验分布.....	10
2.4 均值和散布.....	17
2.5 按区间划分的数据的统计.....	21
2.6 7 种 QC 基础方法	24
习题 2	30
第 3 章 估计和检验概念	31
3.1 样本分布.....	31
3.2 参数估计的概念.....	37
3.3 总体均值的估计.....	39
3.4 假设检验的概念.....	43
3.5 总体均值的检验.....	47
习题 3	52
第 4 章 计量值的估计和检验	54
4.1 均值差的估计和检验.....	54
4.2 3 个以上母体均值差的检验	63
4.3 方差的估计和检验.....	66
4.4 方差比的估计和检验.....	68
4.5 3 个以上母体方差的检验	71
习题 4	76

第 5 章 计数值的估计和检验	79
5.1 总体比率的估计和检验	79
5.2 总体比率差的估计和检验	84
5.3 总体缺陷数的估计和检验	87
5.4 拟合度的检验	89
5.5 独立性检验	95
习题 5	101
第 6 章 相关分析	104
6.1 散点图	104
6.2 样本相关系数	105
6.3 相关系数的检验	110
6.4 相关系数的估计	113
参考文献	115
习题 6	115
第 7 章 简易分析法	119
7.1 关于范围	119
7.2 关于顺序的方法	123
7.3 符号检验	130
7.4 正态性检验	132
习题 7	134
第 8 章 抽样调查	136
8.1 抽样的基本概念	136
8.2 误差	137
8.3 简单随机抽样	141
8.4 多阶段抽样	144
8.5 分层抽样	151
8.6 整群抽样	155
8.7 系统抽样	156
8.8 方差成分的估计	157
习题 8	167
第 9 章 计数型抽样调查	169
9.1 抽样调查的基本概念	169
9.2 调查特性曲线	170
9.3 计数规范型抽样调查	175
参考文献	195

习题 9	195
第 10 章 计量型抽样调查	196
10.1 计量型抽样调查的基本概念	196
10.2 已知标准偏差 σ 的抽样调查	196
10.3 未知标准偏差 σ 的抽样调查	209
参考文献	213
习题 10	213
第 11 章 计数型管理图	214
11.1 管理的基本概念	214
11.2 不合格品率(p)管理图	220
11.3 不合格品个数(pn)管理图	225
11.4 缺陷个数(C)管理图	227
11.5 每单位缺陷数(u)管理图	230
参考文献	233
习题 11	233
第 12 章 计量型管理图	235
12.1 计量型管理图概念	235
12.2 平均值与范围($\bar{x}$ - R)管理图	237
12.3 每个观测值 x 的管理图	245
12.4 中值($\bar{x}$)管理图	249
12.5 其他的计量型管理图	250
参考文献	255
习题 12	255
第 13 章 工程能力及工程管理	257
13.1 工程管理的概念	257
13.2 工程能力	259
13.3 使用管理图的工程管理	263
13.4 规格与公差	264
13.5 专题研究——摩托罗拉的 6σ 准则	267
参考文献	271
习题 13	271
第 14 章 回归分析	272
14.1 回归分析的概念	272
14.2 一元回归分析	274
14.3 一元回归的估计与检验	281

14.4	非线性回归分析	283
14.5	多元回归分析	286
14.6	曲线回归分析	295
14.7	回归诊断	299
14.8	变量选择	306
14.9	专题研究	308
	参考文献	318
	习题 14	318
第 15 章	试验设计和方差分析	322
15.1	试验设计的概念	322
15.2	方差分析的概念	324
15.3	等重复单因子方差分析	325
15.4	重复数不相等的单因子方差分析	334
15.5	没有重复的两因子方差分析	336
15.6	有重复的双因子方差分析	345
15.7	三因子方差分析	351
15.8	专题研究	359
	参考文献	367
	习题 15	367
第 16 章	可靠性	371
16.1	可靠性的概念	371
16.2	可靠度与故障率	372
16.3	故障率的基本型	374
16.4	指数分布的应用	378
16.5	威布尔分布的应用	382
16.6	可靠性的模型	388
	参考文献	391
	习题 16	391
第 17 章	数量化方法及学生成绩管理	393
17.1	数量化方法(I)	393
17.2	教学管理	407
17.3	专题研究	412
	参考文献	416
	习题 17	417
附录	统计分布表	418

第 1 章 质量管理的基本概念

随着中国改革开放的逐步深入,人们越来越意识到质量管理对经济建设的保证作用. 在当今的世界里,中国的经济不能孤立存在,而出口创汇能力的大小,在很大程度上决定着中国对外开放的程度和范围,影响着国内经济建设的规模和进程. 因此,必须根据国际市场的需要和中国的优势,积极发展具有竞争力、见效快、效益高的出口产业和产品,大力提高出口成品的质量,合理安排出口产品的结构,多方位地开拓国际市场,以争取出口贸易较快地持续增长,从而推动中国经济建设的快速发展. 当今世界,经济竞争愈演愈烈,其核心是质量竞争. 在国内,随着人们生活水平的不断提高,人们的质量意识也不断增强,消费者对产品的质量提出了许多新的要求. 这就告诉我们,要多方位开拓国际市场,发展社会主义市场经济,关键在于抓好质量目标管理.

质量管理学是研究质量的产生、形成和实现过程规律的知识体系,是一门实用性很强的学科,其内容具有理论性和应用性相结合的特点.

大学生学习本课程,可以比较系统地掌握质量管理的基本理念、过程和方法,其中包括顾客满意的理念、持续改进的哲学和方法、全员参与的工作方式和基于过程的方法. 理解通过建立和改进质量体系,提高质量和劳动生产率的思想,把握质量产生、形成和实现的规律,掌握统计技术在质量管理中的应用,形成市场经济条件下质量管理的理念和框架.

本章首先回顾质量管理历史,然后介绍质量、管理、统计质量管理等概念.

1.1 质量管理简史

质量管理的基础是统计学,20 世纪初英国统计学家 K. Pearson 学派不通过母体全体的观测,只通过许多样本的观测判断出母体的分类状态. 20 年代英国统计学家 R. A. Fisher 学派通过小样本对母体进行估计和检验,确定了推测统计学,从而奠定了 SQC 的基础(即总和的质量管理).

SQC 的创始人是 1924 年在贝尔电话实验室工作的 W. A. Phewhart. 他认为,在同样条件下制造的产品具有不同的质量特征性值,对此应当进行管理. 为加强质量特征值的分布管理,Shewhart 提出了管理图法(control chart method),用统计方法解决了生产中的问题. 1931 年出版的他的著作中第一次用到了 QC(quality control)这个词.

到了1928年, H. F. Dodge 以及 H. F. Dodge 和 H. G. Romig(1929年)发表了抽样调查(sampling inspection)理论,对 SQC 做出了划时代的贡献。1941年出版的 Dodge- Romig 的抽样调查表至今被广泛使用。Shewhart 和 Dody Romig 是统计质量管理的奠基人。1939年第二次世界大战爆发而需要大量的军需物资,为此美国政府做出了产品质量管理的努力促使使用统计方法的质量管理进入轨道。1941年美陆军部根据 ASA(American Standards Association)公布了 Shewhart 的管理图法,并在军需产业制定和使用美国战时规格。

1946年成立的美国质量管理学会,为美国企业的质量管理做出了巨大的贡献。1950年美国国防部制定的抽样检查方法之一的 MIL-STD-105A,发展到现在成为 MIL-STD-105D。目前在世界上仍广泛地使用着 1957年制定的 MI-STD-414。

英国的统计质量管理是从 20 世纪 30 年代开始的。首先在 1933 年发表了 E. S. Pearson 的论文“统计手法在质量管理及标准化中的应用”,接着发表了许多 SQC 论文。英国在第二次世界大战中同美国一样在军用产业中广泛采用质量管理规划。

质量管理方法从美国、英国发展到欧洲许多国家以及加拿大等国。特别在欧洲成立了欧洲质量管理机构,为普及 QC 起了指导作用。

日本的质量管理是与美国学者 Deming 和 Juran 的帮助分不开的。在 1950~1953 年期间,这两位学者多次访问日本,通过 SQC 的讲习在日本产业界普及了 QC。为了纪念 1951 年以来 Deming 的业绩,日本设立了“Deming 奖”,对普及和实现 QC 做出杰出贡献的个人和公司授予此奖。到了 20 世纪 60 年代,发展到全社会的质量管理(TQC)(即企业全体人员都参加质量管理)。日本的规格协会和日本科学技术联盟为普及、深化质量管理起了主导作用。

质量管理在历史的不同变革时期根据当时的时代一起形成质量管理运动,为产品质量的提高起了重大作用。下面介绍几个典型运动。

统计的质量管理:美国贝尔电话实验室的 W. A. Shewhart 在 1924 年提出的管理图法报告书及 Dodge 和 Romig 的样本调查开始的以统计方法为基础的质量管理运动。

综合质量管理:从 1950 年开始 Feignbaum 提出的企业全体人员若不参加就不能实现质量管理的认识,从而开始这个运动。这个运动认为产品受企业全部活动的影响,故质量管理应包括设计管理、资料管理及售后服务管理(after service control)。

可靠性:此运动是第二次世界大战期间美国为延长军事中使用的电子装备寿命而发展的。这个运动的特点是特别重视复杂的电子制品在设计阶段出现的质量问题。1950年美国国防部建立了电子装备可靠性咨询委员会,1957年发表的 AGREE 报告书为可靠性运动做出了贡献。

产品保证:20 世纪 60 年代初产生了消费者第一、一切为消费者的意识,当消费者受害时追究生产者的责任,这就是产品保证运动,这里强调了维护能力(maintain ability),可靠性、各种质量保证运动。

无缺陷:此运动是从生产产品时消灭缺陷的精神动机出发的。1962 年美国 Martin-Marietta 率先开始。这个运动强调在生产过程中每个企业人员连续作业也可以达到无缺陷的目的,每个职员为此目的在精神上做不断努力。

社会的质量管理:20 世纪 70 年代开始大量发现许多产品造成了公害和社会安全问题。从此重视了产品对社会的影响及企业本身的社会责任。所以这个运动是充分考虑了产品的社会影响,建立了产品责任(PL)的对策。

1.2 质量与管理

质量的概念可分为如下三个方面:

(1) 设计质量(quality of design)

设计质量指的是为生产产品而规定的产品规格、性能以及外观等表示质量规格的概念。确定设计质量时考虑到消费者要求的质量(也叫做市场质量),本企业的工程能力、技术水平、产品的经济性等,这也叫目标质量。

(2) 制造质量(quality of conformance)

也叫适合质量,表示生产过程中制造的产品适应设计质量的程度。生产同样的产品在制造过程中会产生质量区别,从而发生质量的分布。工厂所说的提高质量指的是制造质量,在精神上和经济上可能范围内与设计质量保持一致的一种制造领域的产品质量管理活动。

(3) 服务质量(quality of service)

产品具有较好的质量,这是必需的。但重要的是消费者学会正确使用产品,并在出现故障或使用中发生困难时得到保修,才能使消费者对产品感兴趣。服务质量指的是能够使消费者正确使用产品的有效措施及产品中出现问题时得到的必要帮助。

质量管理领域的权威 Juran 说质量就是“使用适合性”(fitness for use)。要满足为消费者设计和制造,同时服务质量也要提高,因此使用适合性包含上述的三个质量定义。

确定产品特性的要素或评价一个产品时的指标要素叫做质量特性。质量特性是衡量产品有用性的尺度,如化学药品的纯度、金属材料的强度、产品尺寸、性能、寿命等。确定产品特性的值,简称特性值。产品质量管理中使用的数据、资料一般指的就是质量特性。

质量管理中的管理(control)一词包含英语中 management 和 control 两种意

思.

质量管理中管理的含义随着时代的变化内容也不同. 过去强调了控制质量的 control 含义, 近来强调的是以控制质量计划、组织活动为重点的 management 含义. Juran 在自己的著作中说“管理就是指确定标准并未达到这个标准而进行的各种社会活动”. Deming 把管理的机能表为图 1.1, 并叫做 Deming 循环(Demning cycle). Demning 循环是以质量为重心、以对质量的责任感为基础, 经过设计计划阶段、制造阶段、产品的检验和出售的检讨阶段, 最后达到消费者对产品的意见的调查阶段. 通过调查和为消费者服务结果, 进行再设计, 改变制造方法, 改善检查、出售方法. 不断进行这种循环, 形成了不断的管理活动.

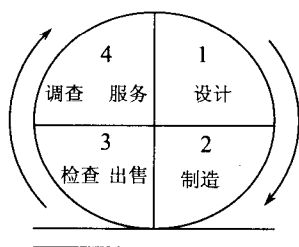


图 1.1 Deming 循环

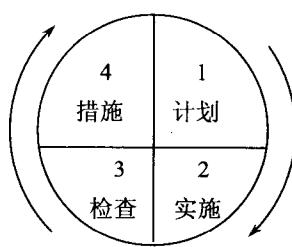


图 1.2 管理循环

Demning 循环概念可简记为计划—实施—检查—措施, 如图 1.2 所示, 称它为管理循环(control cycle), 简记成 PDCA.

管理循环的要素是:

- (1) 确定为达到目的而必需的计划(或标准);
- (2) 按计划实施;
- (3) 评价实施结果;
- (4) 评价结果与原计划若有差距, 则进行必要的修正措施.

在这里重要的部分是集体决定对产品特性值的分析、评价所进行的统计质量管理活动.

1.3 质量管理和统计质量管理

为了保持和维持消费者所要求的质量, 企业设立质量目标, 合理而经济地达到此目的所进行的一切活动的体系叫做质量管理.

为了保持和维持消费者所要求的质量, 企业设立质量目标, 合理而经济地达到此目的所进行的一切应用统计手法的活动体系叫做统计的质量管理. 统计的质量管理是质量管理的核心.

下面再看国际上的权威人士是如何定义质量管理的。

J. M. Juran:所谓质量管理指的是能确定质量特性并与标准作比较,对生产的差异采取措施的控制体系。

W. E. Deming:统计的质量管理指的是为最经济地生产出最有用最富有市场性的产品,在生产的全过程中用统计手法。

A. V. Feigenbaum:全面质量管理指的是为最经济地生产出消费者满意的产品,调整统一在社会内各部门努力进行质量开发、维持质量、提高质量的有效活动体系。

显然上述定义之间有所差别。Deming 的 SQC 是最基本的质量管理活动。Juran 的 QC 是较宽的意义上设立质量标准,为达到这个标准所进行的控制活动。而 Feigenbaum 的 TQC 是一个最广泛意义上通过经营全过程实施质量管理的组织体系。

质量管理的意义有如此的差别,但近几年来比较普遍的是在经营手段上用 TQC 的思考方式,而具体实施方案上用 SQC 的思考方式。在欧洲常用 IQC(interated quality control)代替 TQC,在日本一般用“综合质量管理”或“全社的质量管理”。

1.4 统计质量管理的范围

正如前面的定义,统计质量管理指的是为达到质量管理所使用的一切统计手法的活动体系。随着质量管理的概念在不同时期的变化而其含义也逐渐广泛起来。

SQC 的发展初期多用管理图法和样本检验法,而目前在实验室和研究部门多用检验、估计、相关、回归分析、方差分析、实验设计等。在产品的设计、质量保证等范围内主要用到可靠性。SQC 本身几乎包括所有统计方法,反应表面分析,Evop 法(evolutionary operation),混合物实验数据分析也包括在其中。

1.5 统计质量管理活动体系和统计方法的应用

在图 1.3 中图示了质量管理活动体系。显然,质量管理活动与企业内部一切组织有联系。现在考虑这些活动中用到哪些统计手法及其必要性。

在市场质量调查中,最重要的是抽样调查方法,以及对得到的数据进行确切的解析方法(即检验、估计等)。

在研究和开发中进行实验室研究、新产品开发研究,这时多用到实验设计法、方差分析、回归分析。

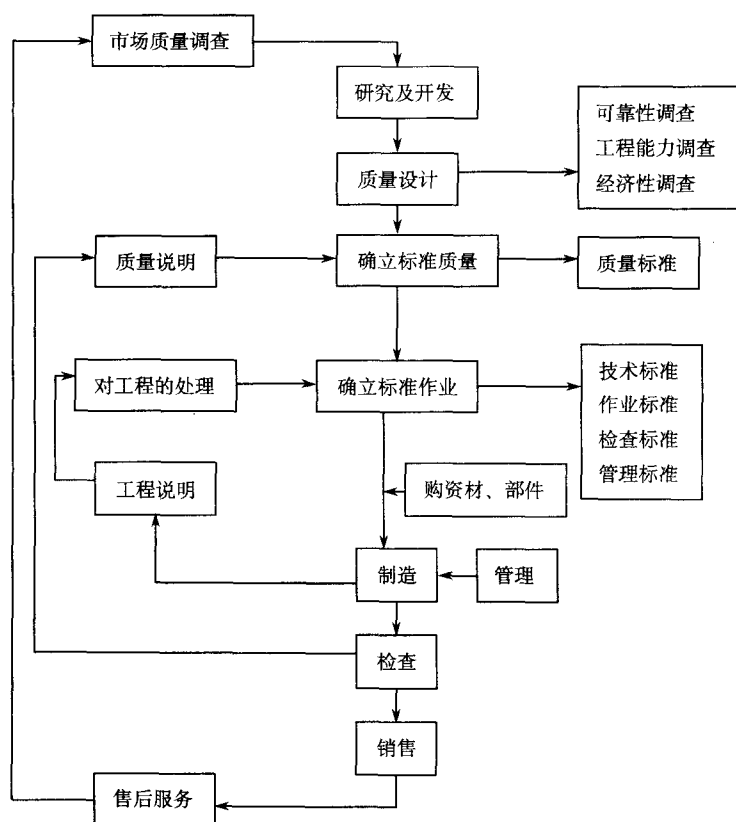


图 1.3 质量管理活动体系

质量设计中常用的是可靠性(reliability)、工程能力指数(CP)、公差(tolerance)等。没有这些定量数据,就不可能有具体的质量设计。

标准质量表示产品的质量目标,确定了它就确定了标准作业,即技术标准、作业标准、检验标准和管理标准。

在标准确定的前提下制造时不断检查是否合乎标准,用管理图法及各种统计手法进行工程分析,从而修改标准,达到提高质量的目的。

在检查阶段通过抽样检查评价质量,必要时修改质量标准。抽样调查是通过样本得到全体母体的质量情报,常用到统计检验、估计等。

从上述的结果可以看到一切质量管理活动中都要用到统计方法,没有它就不可能得到满意的效果。在质量管理活动中始终以事实为根据。所谓事实就是数据(data)。收集数据、分析、解释都是统计活动,故 SQC 方法是质量管理活动的核心要素。

1.6 全面质量管理(TQM)

20 世纪 60 年代开始,科学技术的发展突飞猛进,人造卫星、第三代集成电路、电子计算机相继出现,并相应出现了强调全面观点的系统科学;在国际贸易方面,二次大战后美国的独霸优势逐渐减退,国际贸易竞争加剧,时代急需提高商品质量;这些因素促成了全面质量管理(TQM)的诞生. 提出 TQM 的代表人物是美国的费根堡姆(A. V. Feigenbaum)与朱兰(J. M. Juran)等,全面质量管理就是“三全”管理. 什么是“三全”?

(1) 全面的质量,即不限于产品质量,而且包括工作质量.

(2) 全过程,即不限于生产过程,而且包括调研、设计、产品售后等质量环节的全过程.

(3) 全员参加,即不限于领导和管理干部,而是全体工作人员都要参加,为质量第一,人人有责.

实质上,上述“三全”就是系统科学全面观点的反映. 故专家学者称全面质量管理为质量系统过程.

全面质量管理的主要理论是:

(1) 质量保证理论

朱兰指出,质量保证就是对产品的质量实行担保和保证. 在卖方市场条件下,不可能存在真正意义上的质量保证,在买方市场形成初期,质量保证也只停留在产品质量的“三包”(即包退、包修、包换),用户得到的补偿还很有限. 在成熟的买方市场条件下,质量保证的内容和范围发生了质的变化,质量保证已从传统的只限于流通领域的范围扩展到生产经营的全过程,供方向需方提供的不仅是产品和服务本身的信誉,而且能够保证长期、稳定生产、满足需方全面质量要求的质量体系.

(2) 质量改进理论

质量改进是质量体系运动的驱动力,是实施质量保证的有力手段,日本的田口玄一在七八十年代提出质量损失概念和三次设计理论正是质量改进理论的一个重要内容.

(3) 产品质量责任理论

为了制止企业和个体经营者的不正当竞争行为,减少质量事故的发生,保护消费者利益,进行质量监督和制定相应的质量法规是十分必要的. 国外 20 世纪 80 年代兴起的产品责任理论属于这方面.

(4) 质量经济学

这是 20 世纪 80 年代兴起的新的质量学科. 从宏观上看,质量经济学研究质量形成的经济规律,分析价格、税收等经济杠杆对促进产品质量的提高,对实施质

量政策的经济评价等。德国的冯·考拉尼(Elatt Von Collani)就是代表人物。

质量经济学的研究虽已取得相当大的成果,但作为一门完整的学科尚有待进一步完善和开拓。

(5) 质量文化

质量文化是指企业在生产经营活动中所形成的质量意识、质量精神、质量行为、质量价值观和质量对象以及企业所提供的产品或服务质量的总和。企业质量文化是企业文化的核心,而企业文化又是社会文化的重要组成部分。企业质量文化的形成和发展反映了企业文化及社会文化的成熟程度。

(6) 质量管理和电子计算机的结合

近年来,国外发展出一种应用电子计算机的集成制造系统(CIMC)把一个企业市场调研、确定产量、制造、运输、销售等各个环节全部用电子计算机进行控制和优化,并且第一个试验性工厂已在美国获得成功。这里需要解决的是质量控制与自动控制如何结合的问题。

(7) 质量控制理论

传统的休哈特质量控制理论对于生产用车只能显示异常而不能指出异常方式在何处,换言之,不能进行诊断。20世纪80年代提出质量诊断概念和理论。

(8) 质量检验理论

随着生产过程的自动化和自动检验技术的广泛应用,检验环节的集成化程度明显提高。自动生产、自动检验、自动判断以及自动反馈可以在很短时间一气呵成,具有很高的时效性,大大简化了管理工作。此外,许多发达国家在生产过程中还推行无检验方式,在这方面,统计过程控制(SPC)的贯彻、销售服务的完善和工人自主管理活动的推广提供了可靠保证。

第 2 章 数据的初步整理方法

在质量管理过程中不能直接来判断问题,而是通过合理的方法得到代表实际的客观数据,并通过统计方法进行整理,用得到的信息来判断问题.

本章将介绍母体和样本、数据的分类、统计量等概念,最后介绍 7 种 QC 基本方法.

2.1 母体和样本

无论怎样的数据,都有自己的集团,我们称这个集团的全体为母体或总体.一般地,母体是较大的,故对母体的每一个单元进行逐个检查是不可能的,所以我们不观察母体全体,而从母体中抽出代表母体的样本(sample)或试料进行观测.

统计的质量管理就是从我们所研究的对象(即母体)中抽出样本,通过观测得到数据,在对数据进行整理、分析后,获得对母体的信息,最后对信息进行检验,并根据检验结果采取必要的措施(如图 2.1).

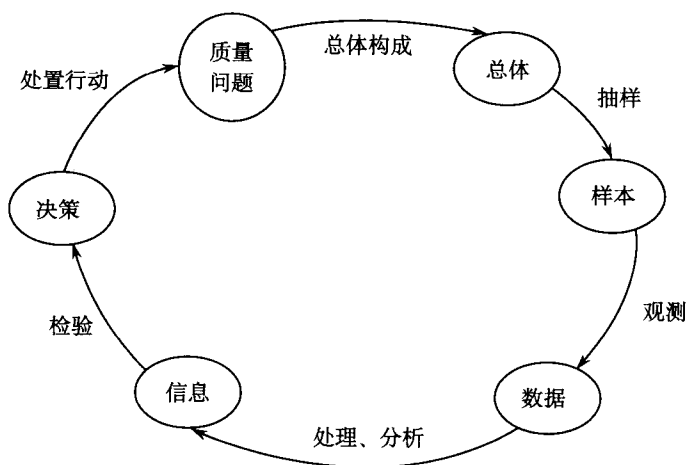


图 2.1 解决质量问题的循环

母体按所含有的基本单元的个数,可分为无限母体和有限母体. 一个工程制造的能力,在某种意义上是有限的,但从无限地生产产品这一点上讲,一般地把这个工程看成是无限总体. 例如,从北京市人口中抽样 1000 人进行身体检查,这时