

六西格玛

SIX SIGMA

六西格玛

工具手册

REFERENCE HANDBOOK

李菊华 董毓舟 编

六西格玛

上海交通大学出版社



六西格玛工具手册

李菊华 童毓舟 编

上海交通大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

六西格玛工具手册/李菊华,童毓舟编. —上海:上海交通大学出版社, 2005

ISBN 7-313-03920-4

I. 六... II. ①李...②童... III. 企业管理: 质量管理—手册 IV. F273.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (2004) 第 104349号

六西格玛工具手册

李菊华 童毓舟 编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:890mm × 1240mm 1/64 印张:2.5 字数:76千字

2005年1月第1版 2005年1月第1次印刷

印数:1-3 050

ISBN7-313-03920-4/F·523 定价:15.00元

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

6 σ (六西格玛)是近几年来发展迅猛的一种现代企业管理方法。它利用多种工业管理及统计工具,综合历代质量管理理念中的优缺点,通过培训学习与项目实践的有效结合,达到改变思维模式、提高产品及工作质量的目的。它从电子行业起步,如今已渗透入生产制造、服务、客户管理、供应链管理及电子商务的各个角落。本手册依据上海来达企业管理咨询有限公司在6 σ 理论培训及项目辅导过程中积累的大量经验及教训,概括总结了在D(定义)M(测量)A(分析)I(改进)C(控制)这五个步骤中所必须掌握的基本工具及技术方法,并结合具体的案例加以说明。本手册可供所有对6 σ 有兴趣的人士、6 σ 领导团队及质量管理团队作为参考资料,并可作为6 σ 绿带/黑带培训的辅助教材。

前 言

第二次世界大战后,日本工业百废待兴。全球占主导地位的生产制造商主要集中于美国及欧洲地区。在无线通讯领域,摩托罗拉无疑是当仁不让的领导者。但到了上世纪70年代后期,日本的企业界向以美国为首的竞争对手发起了强有力的冲击,这其中也包括摩托罗拉。由于质量的原因,摩托罗拉在将消费性电子产品,如电视机、音响等全盘相让给日本企业之后,在移动通讯业务方面也逐步丧失绝对的领导地位。通过观察,他们发现日本企业可以做到既提供优异的质量,同时也提供低廉的价格,这才摈弃了他们以前一贯坚持的高质量=高成本的理念。在首席执行官高尔文的大力支持下,摩托罗拉通讯业务部门率先开展了一系列以提高质量为根本目标的战略行动,并把它起名为 6σ (六西格玛)。从收集到的统计数据可以说明,当时摩托罗拉的质量水平处于6800DPMO,即 4σ 左右。而 6σ 的质量水平则意味着质量水平将达到3.4DPMO。在1987年高尔文致摩托罗拉全体员工

的一封公开信中,表明了公司在提高产品质量方面的决心,并为公司指明了今后的质量目标:在两年内,将产品和服务质量提高 10 倍,到 1992 年,达到 6σ 水平。为了实现这一质量目标,摩托罗拉公司在内部开展了大规模的员工持续教育与培训,并大力普及推广团队合作活动。这样,一整套系统的、科学的行动计划,通过全公司员工的共同努力,得到了切实的贯彻执行,从而使摩托罗拉的产品质量得到了质的飞跃。1988 年,也就是推行 6σ 两年之后,摩托罗拉的努力得到了回报,它获得了由美国政府所颁发的马尔科姆·波多里奇(Malcolm Baldrige)国家质量大奖,其后又获得了日本制造业的 Nikkei 奖。由此,摩托罗拉重新确立了它在国际上电子产品制造商的领先地位。

另一个与 6σ 紧密联系的名字是 GE——通用电气公司。正是由于杰克·韦尔奇这位著名的 CEO,自 1996 年起,在 GE 的全球范围内掀起了推广 6σ 的热潮,才使得 6σ 成为全球企业界竞相追逐的对象。与摩托罗拉最大的不同点在于,GE 不只是将 6σ 的推广范围限制在生产制造领域,而是把它延伸到市场、销售、客户服务、供应链管理及电子商务等各个角落。这样,不但提高了营销利润率,改善了与客户的关系,带来了数以百亿计的节约成

本,更重要的是改变了公司的面貌。这使得部门众多、分布在全球各个角落的庞大企业具有小公司一样的灵活性,极大地提高了它的产品/工作质量及全球竞争力。杰克·韦尔奇曾经充满激情地描述6 σ :它像野火一样蔓延到整个公司,改变着我们的工作方法……

近几年来,随着国内外企业经营合作的不断加深,国内企业的不断成长壮大,国内对6 σ 的需求也不断增强。而不少接受6 σ 培训的学员面对众多理论与统计工具时,往往会手足无措,不知从何着手。上海来达企业管理咨询有限公司在6 σ 培训与辅导过程中积累了一些经验,编成这本易于使用和方便携带的工具手册,希望以此对所有开展6 σ 培训和教育的企业和学员有所帮助。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

作者

2004年11月

目 录

第 1 章 定义	1
1.1 SIPOC	1
1.2 倾听顾客的心声	4
1.3 CTQ 树	7
1.4 项目规划表	9
1.5 效益计算	12
第 2 章 测量	14
2.1 流程图	15
2.2 变量汇总表	20
2.3 鱼刺图	22
2.4 头脑风暴	25
2.5 优先矩阵	28
2.6 抽样计划	31
2.7 测量系统分析	36
2.8 时间序列图	41
2.9 控制图	46

2.10	频率图	50
2.11	帕累托排列图	58
2.12	过程能力和表现指数	60
第 3 章	分析	70
3.1	散点图	71
3.2	分层频率图	75
3.3	假设检验	77
3.4	回归分析	84
3.5	FMEA	92
3.6	试验设计	97
3.7	多变量分析	106
第 4 章	改进	110
4.1	优先矩阵	111
4.2	表决方法	114
4.3	试运行	115
4.4	计划	117
4.5	差错预防	119
4.6	利益相关者分析	122
第 5 章	控制	124
5.1	流程图	125

5.2	标准操作程序(SOP)	126
5.3	控制计划	130
5.4	控制图	133

第1章 定义

定义阶段是一个六西格玛项目的起点. 在这一步, 团队应完成以下几项工作:

- 明确要解决的问题.
- 明确与问题相关的过程.
- 明确顾客的要求.
- 形成团队.

定义阶段常用的工具如下:

- SIPOC.
- 倾听顾客的心声.
- CTQ 树.
- 项目规划表.
- 效益计算.

1.1 SIPOC

1.1.1 SIPOC 是什么

SIPOC 代表 供应商 (SUPPLIER)、输入

(INPUT)、过程(PROCESS)、输出(OUPUT)和顾客(CUSTOMER)五个过程元素的英文首写字母。图 1.1 是一幅生产净水过程的 SIPOC 分析图。

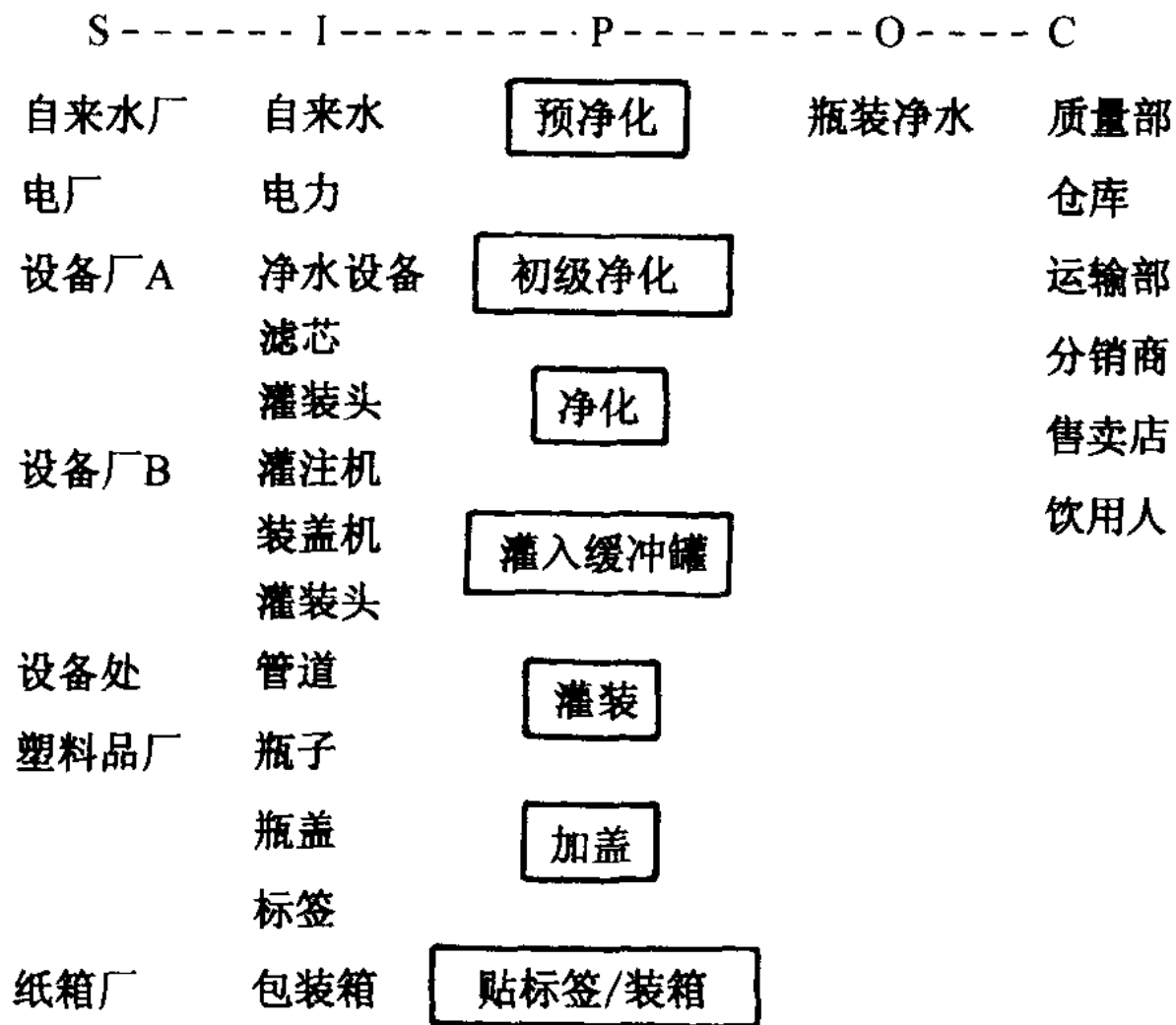


图 1.1

1.1.2 为什么使用 SIPOC

- 可以使团队人员对要改进的过程有一个基本了解。
- 可以帮助团队定义项目的过程边界。

- 可以帮助团队领导寻找团队成员.
- 可以帮助团队确认谁是顾客和供应商.
- 可以帮助团队在后续过程中确认变量有哪些.

1.1.3 如何生成 SIPOC

- 明确和问题相关的输出(产品或服务等).
- 明确产生该输出的过程的名称.
- 明确过程的终点.
- 明确过程的起点.
- 列出过程运行所需的输入.
- 列出过程运行所需的输入相对应的供应商.
- 列出所有的输出.
- 列出所有的顾客.

1.1.4 SIPOC 注意点

- 顾客是指接收过程输出的人或组织.
- 过程输出可以是有形产品,如瓶装水,也可以是服务、信息、决定或完成的事务.
- 过程图应简洁,抓大放小.尽量用4~7步来列出过程.

1.2 倾听顾客的心声

1.2.1 顾客的心声是指什么

顾客的心声是指顾客对过程输出(产品或服务等)的要求或意见. 最常见的顾客的心声就是客户的投诉.

1.2.2 为什么使用它

- 可以帮助团队了解应该改进些什么.
- 可以帮助团队确定 CTQ(参见 1.3 CTQ 树).

1.2.3 如何去倾听

- 发起人或黑带/绿带要明确谁是顾客.
- 黑带/绿带收集投诉或技术服务的信息和数据.
- 必要时,黑带/绿带可以通过电话访谈,发放客户调查表,与销售人员进行交谈甚至走访顾客的方法,以了解顾客对产品或服务的意见,并在有可能时,进行竞争对手的调查或标杆分析.

- 对收集到的顾客需求进行整理、分类(参见 1.2.4).
- 对于关键的、与项目有关的客户需要,利用 1.3 中 CTQ 树的方法确定 CTQ.

1.2.4 对顾客的需求进行分类

(1) 对于顾客的意见,应首先逐条加以确认和明确.

(2) KANO 模型. KANO 模型将顾客的要求分为以下三类(见图 1.2):

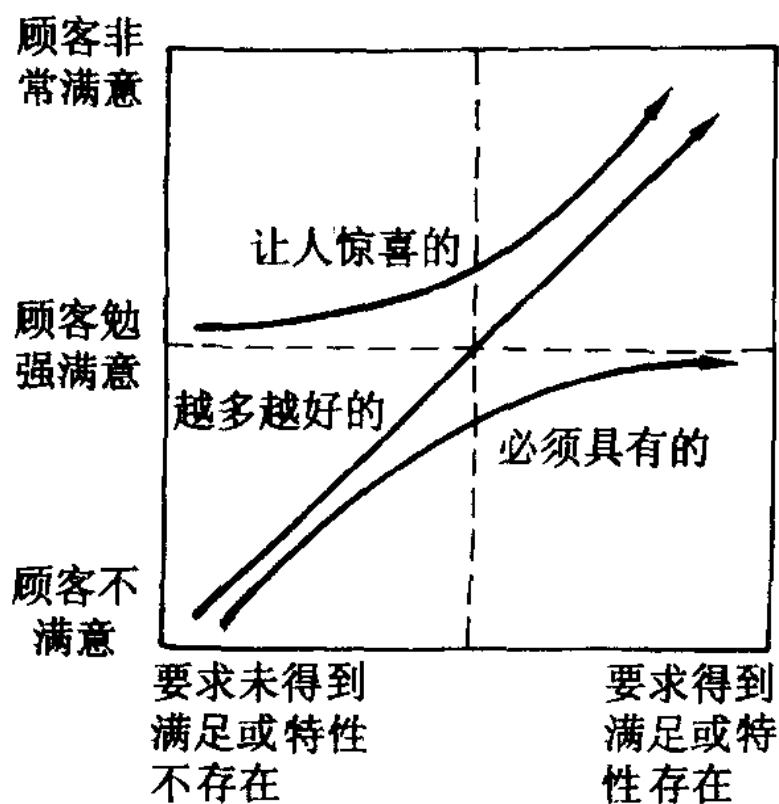


图 1.2

- 必须具有的特性. 如灯泡通电后必须会亮. 亮了,顾客未必会非常满意;不亮,顾客肯定

会非常不满意。

- 越多越好的特性。如灯泡的寿命越长，顾客觉得越满意。
- 让人惊喜的特性。如：灯泡有不同的颜色，可用于不同的场合，比如聚会。当该类特性不存在时，顾客不会因此不满意；但当前两类特性得到满足后，此类特性的存在会让顾客惊喜。

(3) 在以上三类特性中，“必须具有的特性”是最基本的，也是必须得到满足的，更是最先需要考虑改进的；其后考虑“越多越好的特性”；最后考虑“让人惊喜的特性”。

1.2.5 倾听顾客的心声注意点

- 可以利用帕累托排列图的方法，来找出顾客投诉最多的地方。
- 各种顾客可以从 SIPOC 分析中得到，但是，也许某一类的顾客是你最感兴趣的，那么仅分析这一类的顾客就可以了。
- VOC 有时可以通过一些咨询机构来完成。
- 流程内部顾客的需求也应了解。
- 在与客户访谈，访问客户前，应与相关部门预先沟通，避免重复。

- 应尽量利用已有的资料,分析顾客有哪些要求未得到满足,如,质量部的质量记录、投诉记录、以往的客户调查报告,等等.

1.3 CTQ 树

1.3.1 CTQ 树是什么

CTQ 指的是关键质量要素 (CRITICAL-TO-QUALITY). 顾客通过对 CTQ 的测量,就能判定产品或服务是否合格. 例如,对于净水,杂质含量就是一个 CTQ. 利用 CTQ 树对顾客需求的分解,就能确定可测量的 CTQ. 下面是一个餐馆的例子:

您到餐馆用餐会有多种需求,如:好的服务、好的环境、好的菜肴. 但什么叫好的服务,如何测量呢? 什么叫好的环境,如何测量呢? 什么叫好的菜肴,如何测量呢?

1.3.2 为什么使用 CTQ 树

它可以将空泛的顾客的要求转化为具体的测量指标.

1.3.3 如何生成 CTQ 树

- 将顾客的需求逐个地列在图的左边.

- 将顾客的需求进行分解.
- 判定分解后的结果可测量吗.
- 如果可以,分解已完成. 如果不可以,继续分解直到可测量为止.

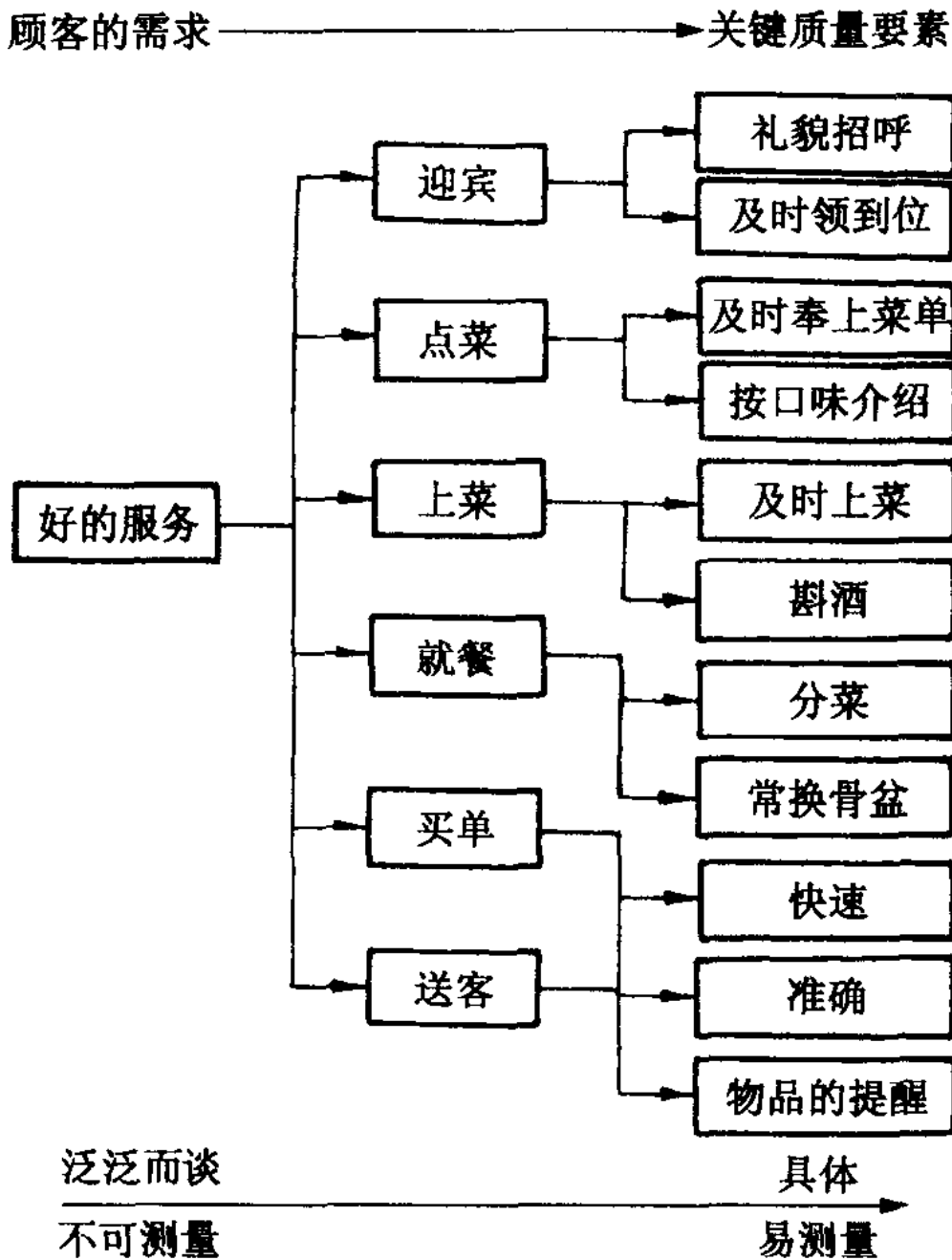


图 1.3

1.3.4 CTQ 树注意点

- 所有的 CTQ 应该是对过程输出的测量.
- 在分解时,可以问:“对顾客的需求,我如何来测量?”
- 确保顾客需求的各个方面都已涉及.

1.4 项目规划表

1.4.1 项目规划表是什么

团队需要对项目做一个规划,包括角色定义,问题阐述,改进目标,项目效益,项目计划和资源需求,等等.

1.4.2 为什么使用项目规划表

- 它可以框定项目的范围,以免项目范围不断扩大.
- 可以定义好各个角色,包括发起人(Sponsor/Champion)、团队领导(BlackBelt/GreenBelt)、团队成员.
- 可以定义可能获得的效益,并预先得到确认.

- 可以定义团队可能需要的其他资源.
- 制订项目的时间表.
- 可以作为六西格玛团队和管理层之间的一份协议,框定团队完成什么任务及可用什么资源.
- 随着项目的不断更新,它可以跟踪项目的进展.

1.4.3 如何制成项目规划表

- 由发起人或发起人指定的黑带/绿带初步填写项目的基本信息,包括项目名称、发起人、黑带/绿带、存在的问题和项目的范围及可能获取的效益.
- 黑带或绿带对该项目做一个初步的了解,如收集一些有关问题的数据和顾客的意见.
- 与发起人商定存在问题的阐述,项目范围及可能获得的效益,并确定所需的资源和团队成员,以及项目时间计划.
- 黑带或绿带按商定的结果,填写项目规划表.
- 黑带或绿带将填写好的项目规划表提交给发起人进行审核.
- 黑带或绿带将填写好的项目规划表提交给

相关的财务人员,以便他们对可能取得效益的计算方法进行审核.

1.4.4 项目规划表注意点

(1) 不同公司的项目规划表其格式差异可以很大,但一般都包括:

- 项目名称.
- 发起人,黑带/绿带和团队成员.
- 存在问题的阐述和项目的范围.
- 可能获得的效益.
- 项目的 CTQ.
- DMAIC 的时间计划.
- 项目的目标.

(2) 如果有可能,在项目规划中,规定发起人检查项目进程的计划 and 方式.

(3) 如果有可能,在项目规划中,确定黑带大师辅导检查项目的计划和方式.

(4) 可能获得的效益计算应按如何达到项目的目标为前提. 计算方法应得到相关人员的确认. 参见 1.5 效益计算.

(5) 今后在测量/分析过程中,如果需要对规划中的部分内容进行修改时,项目团队需要得到发起人的同意.

1.5 效益计算

1.5.1 效益计算是什么

效益计算是对项目可能带来的效益做一个估计。

1.5.2 为什么使用效益计算

- 它可以帮助团队说明为什么要做该项目。
- 可以帮助团队去争取足够的资源。
- 可以帮助团队去克服阻力。
- 可以帮助团队领导提升团队成员的积极性。

1.5.3 如何进行效益计算

- 发起人与黑带/绿带商定可能带来效益的各个方面,如减少原材料成本、减少库存、增加销售,等等。
- 黑带/绿带收集需要的信息和数据。
- 黑带/绿带进行计算或在相关人员的帮助下进行计算。
- 把计算结果提交给发起人审核。
- 把计算结果提交给相关人员和财务人员审核。

1.5.4 效益计算注意点

(1) 因为不同公司的资金成本不同,机会成本不同,所处的商业环境不同及成本结构也不同,所以不同的公司对效益的计算也会略有不同.但一般应包括以下几项:

- 生产直接成本或变动成本的降低,如合格率的提高使材料消耗成本下降.
- 固定成本的降低,如减少管理人员.
- 现金流的增加,如降低库存水平.
- 风险的降低,如提高产品的安全性.
- 包修/包换准备金的降低,如产品稳定性的提高.
- 销售额的增加,如提高准时交货率,从而使顾客满意度提高,订货数就增加.
- 可能要产生的成本的避免,如提高现有机器的生产能力可不增加新机器的投资.
- 劳动力的解放,如通过改变流程,两个人的工作可以由一个人完成,富余的一个人可以去从事对公司有益的其他工作.

(2) 如果完成项目需要一定的费用,应把它从效益中扣除.如果项目需要一定的固定资产投资,则在效益中应扣除折旧费.

(3) 效益一般以每年(12个月)为基准.

第 2 章 测量

测量阶段是一个六西格玛项目的第二步. 在这一步, 团队的目标最主要有以下两点:

- 了解现有过程的 CTQ 的表现和能力.
- 收集有关的数据, 为分析做准备.

为了提高 CTQ 的表现和能力, 团队必须了解过程的哪些输入变量或过程变量对 CTQ 的影响最大. 可以把输入变量或过程变量和 CTQ 的关系以函数关系来表达:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

式中

Y 表示过程的输出变量, 即 CTQ;

X_1, X_2, \dots, X_n 表示过程的输入变量或过程变量.

为了了解这样的关系, 在收集 Y 的数据时, 还须收集 X 的数据, 这样在分析阶段就可以分析它们之间的关系了. 测量阶段常用的工具有以下几种:

- 流程图.
- 变量汇总表.

- 鱼刺图.
- 头脑风暴.
- 优先矩阵.
- 抽样计划.
- 测量系统分析.
- 时间序列图.
- 控制图.
- 频率图.
- 帕累托排列图.
- 过程能力和表现指数.

2.1 过程流程图

2.1.1 过程流程图是什么

利用一定的符号将实际的流程图示出来. 在前一章中的 SIPOC 分析中, 利用 4~7 步列出了过程的主要步骤. 在这一步, 要将之细化, 以便于确定可能的变量.

2.1.2 为什么使用过程流程图

- 它可以使团队成员对要改进的过程有一个全面的、统一的了解.

- 可以帮助团队确定过程中的可控或不可控的所有输入变量和过程变量,并把它作为优先矩阵的输入.
- 可以帮助团队了解过程中可能出现的缺陷.
- 在分析时,作为过程分析的基础.

2.1.3 如何生成过程流程图

- 从 SIPOC 中的过程的起点和终点开始.
- 团队决定流程图的层次,参见 2.1.4 流程图中不同的层次.
- 团队列出所有可能的步骤.
- 将步骤按次序排列.
- 用简单的符号画出流程图.
- 将流程图和实际的过程去一步一步地进行检查,如发现有新的步骤或发现流程图和实际的流程有不一致的地方,则修改流程图.
- 流程图定稿.

2.1.4 流程图的不同层次

(1) 宏观层次:

在 SIPOC 中,仅画出过程的主要步骤,而不涉及任何过程中的详细步骤,如决定点、返工,等等.

图 2.1 是一幅去医院就诊的宏观流程图.



图 2.1

(2) 中间层次:

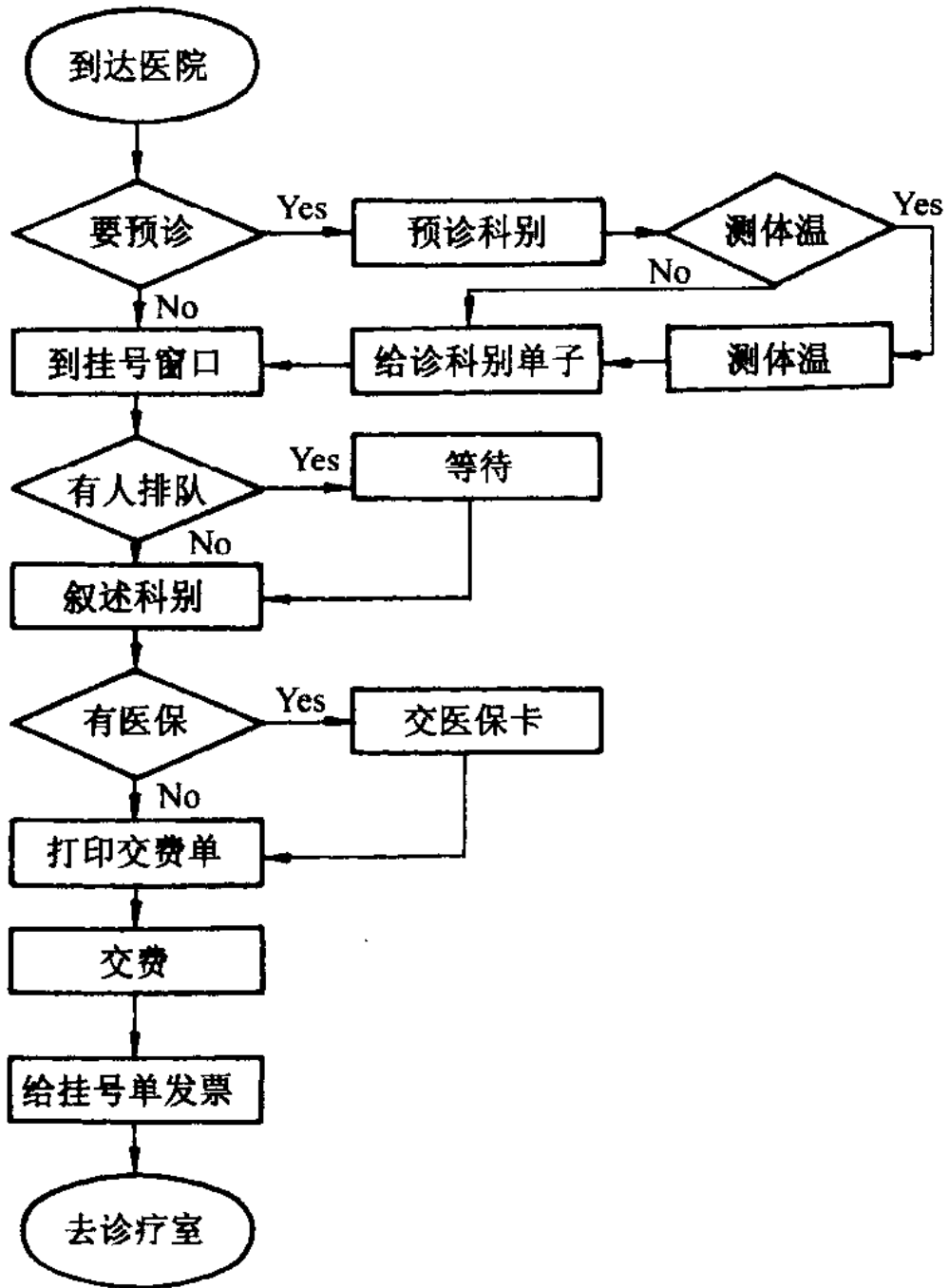


图 2.2

该层次的流程图显示流程中的各项活动,以及决定点和返工等步骤.图 2.2 是一幅去医院就诊时挂号过程的中间层次流程图.

(3) 微观层次:

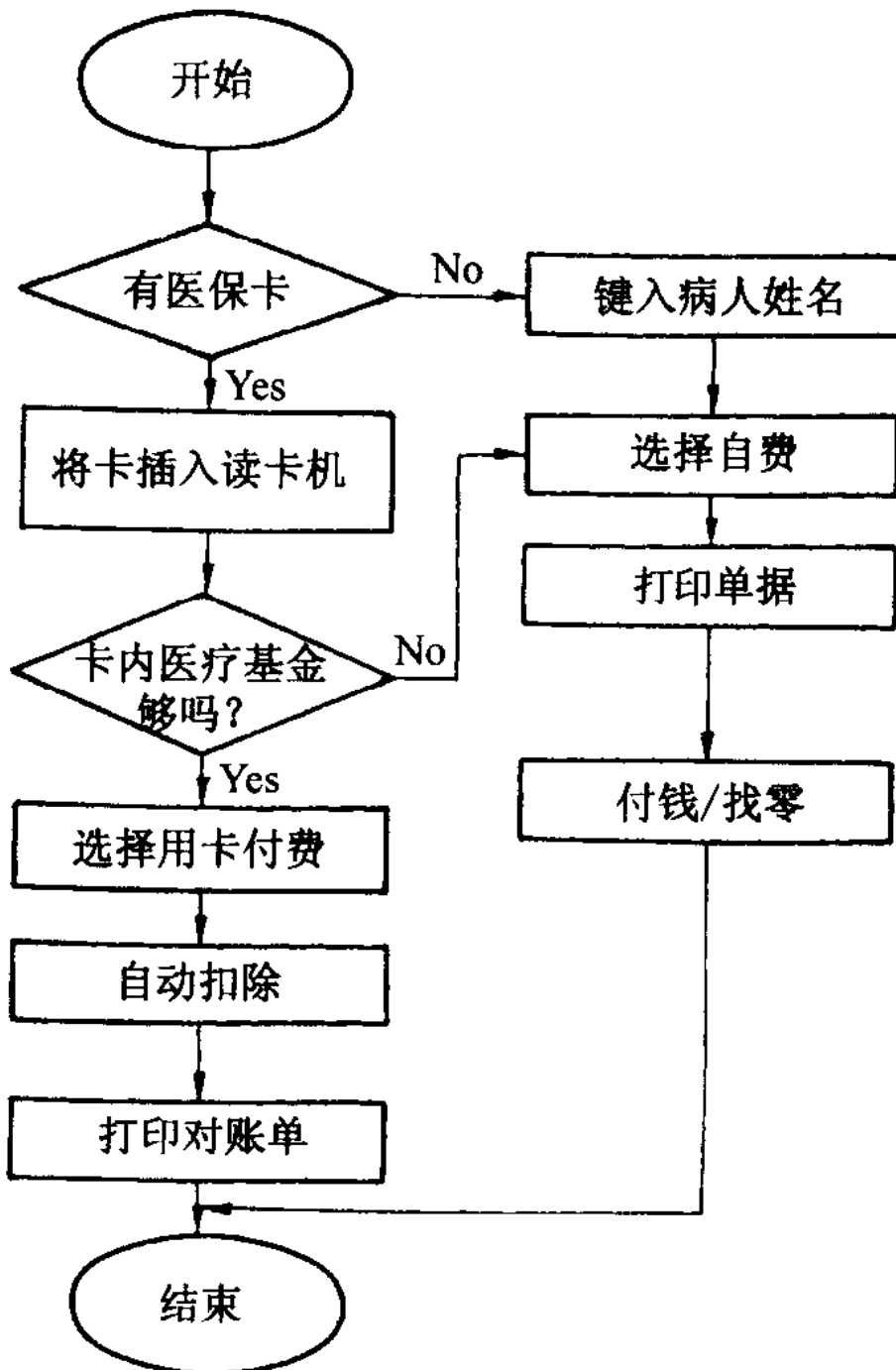


图 2.3

该层次的流程图显示流程中的各项活动的细微动作. 图 2.3 是一幅去医院就诊、挂号时, 打印缴费单的微观层次流程图.

2.1.5 流程图中的符号

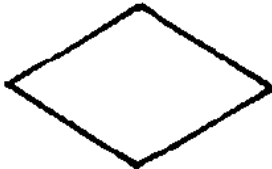
流程图尽量用如图 2.4 所示的简单符号来表达, 应避免使用让人难懂的符号.



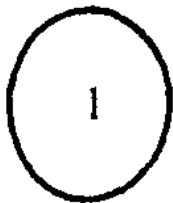
椭圆表示过程的开始点或结束点



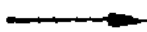
矩形表示过程中的任务、活动。框内用简洁的语言描述任务或活动或等待



菱形表示决定点。框内用简洁的语言描述一个有“是”或“否”答案的问题



圆形表示流程图暂时告一段落, 下一段在同一页的另一个地方或在另一页上。框内用数字或字母标识, 以确保能连接另一部分的流程图。这常用于复杂的、须用多页纸来描述的流程图



箭头表示该流程的流动方向

图 2.4

2.2 变量汇总表

2.2.1 变量汇总表是什么

变量汇总表列出过程的输入和过程中可能的变量. 从中可以挑出可能对输出有重要影响的输入变量和过程变量. 这一步的结果是优先矩阵的输入.

输入变量是指针对输入的测量指标, 比如, 在生产净水的过程中, 自来水是输入, 对于自来水的测量指标, 如水温、水的 pH 值、自来水的杂质含量等, 这些均是输入变量.

过程变量是指针对过程可能的测量指标, 比如, 在生产净水的过程中, 灌装的速度、紫外线的强度等, 这些均是过程变量.

输出变量是指针对输出的测量指标, 比如, 在生产净水的过程中, 对于产品纯净水的测量指标, 如杂质含量、细菌量等, 这些均为输出变量. 很多输出变量是 CTQ.

2.2.2 为什么使用变量汇总表

- 它可以帮助团队了解可能的变量.
- 可以帮助团队避免漏掉重要的变量.

2.2.3 如何制成变量汇总表

- 准备好 SIPOC 和过程流程图.
- 向团队成员介绍过程,确保有共同的认识.
- 对过程头脑风暴输入所有的、可能的变量.
- 对过程头脑风暴输出所有的、可能的变量.
- 列出在定义阶段找到的 CTQ,把它作为输出变量.
- 删除大家一致认为不重要的输入变量和输出变量.
- 将团队认为可能重要的因子整理成如表2.1的形式.

表 2.1

输入变量	过程变量	输出变量
自来水 pH 值	水压	净水杂质含量
自来水的杂质量	冲洗时间	净水的含菌数
自来水水温	灌装速度	漏水率
自来水压力	紫外线强度	净重
滤芯牌号	装盖力矩
滤芯寿命	装盖压力	
滤芯清洁度	加热温度	
.....	

2.2.4 变量汇总表注意点

- 在列举变量时不要考虑该变量是否可控,或现在是否可测量.
- CTQ 肯定是输出变量,而输出变量可能不是 CTQ,因为顾客可能并不关心该输出变量.

2.3 鱼刺图

2.3.1 鱼刺图是什么

鱼刺图是一种结构化的方法,用于识别可能产生缺陷或过程偏差的原因.图 2.5 是一幅用于分析洗发水灌装量偏差的鱼刺图.

各种过程偏差的产生往往有六大类的原因,常称为“六 M”:

- 机器(Machine).
- 方法(Method).
- 测量(Measurement).
- 人员(Man).
- 材料(Materials).
- 环境(Mother nature).

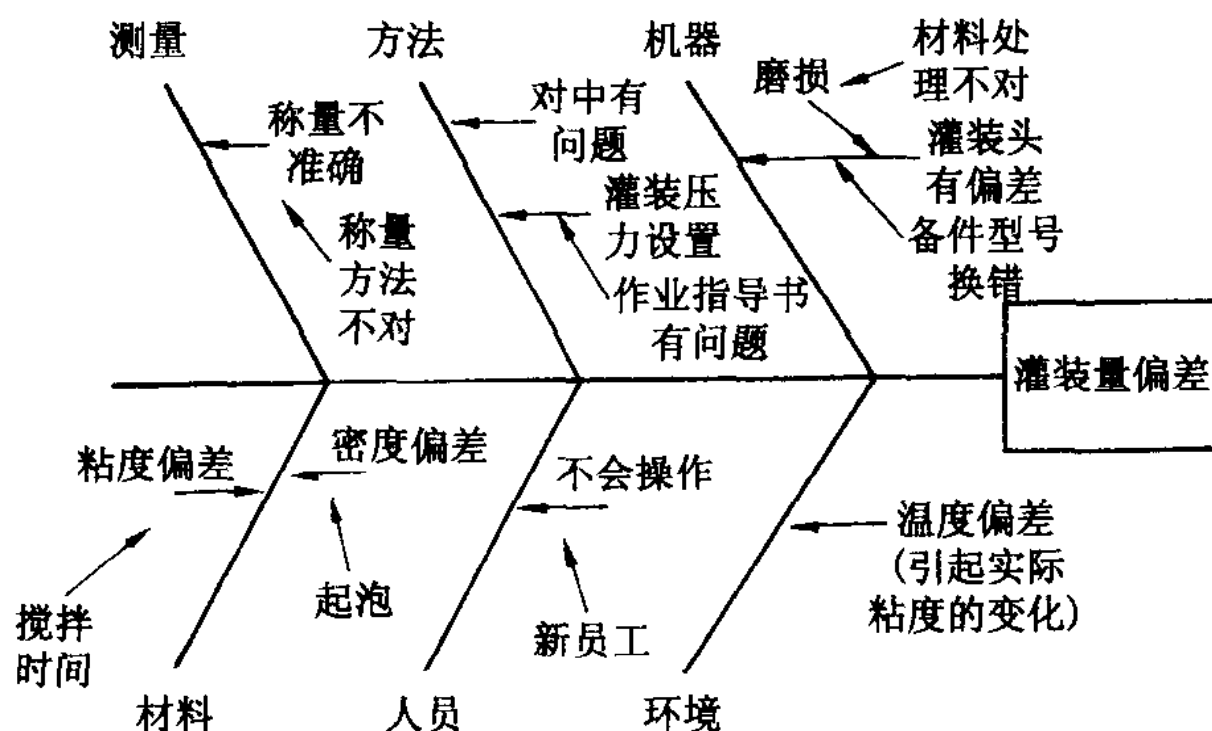


图 2.5

2.3.2 如何生成鱼刺图

- 列出问题(缺陷或过程偏差),并向团队成员做解释、说明.
- 在白板或白板纸上画一个空白的鱼刺图,在鱼头处写上缺陷或过程偏差的名称.
- 用六 M 的分类方法标识各大鱼刺.
- 大家对产生问题的可能原因进行头脑风暴,并将得出的原因用小鱼刺标记在所属的类别中.如果对某一原因的归属类别有疑问,暂时将它记录在另一张纸上,以便今后讨论.
- 继续进行头脑风暴,直至再没有新的原因产

生。

参考该过程的 SIPOC 和过程流程图,逐步询问:“在这一步是否还有可能导致我们关注的缺陷的原因?”

对列出的所有可能的原因进行确认,并明确原因与原因之间的关系,如前面的灌装量的鱼刺图中,灌装头有偏差是由磨损引起的,而磨损是由材料处理不当造成的。

- 讨论结束后,将结果誊写在另一页纸上,并检查是否有错。
- 团队可以对可能的所有原因进行初步的评估,如认为某个原因可能很重要,可以标出来,让团队在后续测量过程中收集数据,并在分析阶段进行分析,看它是否是造成缺陷的根本原因。

2.3.3 鱼刺图注意点

- 确保团队对问题(缺陷偏差)有共同的认识并一致理解,包括发生在何处/何时/大概有多少等。
- 除了按照六 M 的方法分类以外,还可按过程步骤或产品的部件进行分类,但团队必须达成一致意见。

- 当主持人发觉大家的讨论结果仅停留在问题的表面原因时,应以提问的方式启发团队成员进行思考:“这个原因为什么会发生?”比如:“为什么灌装头会有偏差?”这样一来,我们就更能接触到深层次的原因,这有利于今后问题的根本解决.

2.4 头脑风暴

2.4.1 头脑风暴是什么

头脑风暴是一种团队在短时间内产生很多主意或找出很多产生问题的可能原因的方法.比如,在20分钟内,尽可能多地找出可能导致缺陷或过程偏差的原因.它被广泛地应用在六西格玛项目的各个阶段.

2.4.2 为什么使用头脑风暴

- 鼓励团队畅所欲言,无所顾忌.
- 鼓励众人参与,而不是由少数几个人占主导地位.
- 可以让团队在别人的发言中受到启发,从而提出新的主意.

- 易产生有创意的主意或找到过去从没有想到的原因。

2.4.3 如何使用头脑风暴

- 团队领导或主持人将讨论的主题写在白板上,并做内容介绍。
- 确认团队对主题或问题的理解是正确的。
- 确定必要的角色——主持人/记录员/计时员。
- 开始头脑风暴. 主持人应按实际情况选择合适的头脑风暴方式,参见 2.4.4.
- 当团队似乎已经没有更多新的主意时,主持人可以建议团队从另外的角度思考问题。
- 主持人领导团队对各条意见进行确认,然后作适当的删除或合并。
- 将确认后的主意或可能的原因进行分类。

2.4.4 头脑风暴的种类

(1) 自由发言式:

谁有主意就请谁发言. 这种方法的优点是气氛好,容易互相启发;缺点是会议可能被几个活跃分子主导。

(2) 轮流发言式:

按座位次序先后依次发言. 这种方法的优点是, 会议不会被几个活跃分子主导, 并能互相启发; 缺点是, 可能需要很长时间轮一圈, 有人可能因此失去兴趣.

(3) 小纸片的方式:

每人分别将主意写在小纸片上, 统一收集后, 由主持人朗读并记录在白板上. 这种方法的优点是, 可以提出比较敏感的建议或意见; 缺点是, 耗时可能较长并且不能互相启发.

(4) 纸条传递式:

在一张 A4 纸上, 各人写上自己的建议或意见, 然后传给下一个人, 依次传递, 直至团队再没有新的建议或意见. 这种方法的优点是, 可以互相启发, 并且意见会比较成熟; 缺点是, 耗时可能较长.

2.4.5 头脑风暴注意点

- 不评论任何主意.
- 记录所有的主意.
- 鼓励独特的主意.
- 鼓励互相启发.
- 在头脑风暴进行过程中不讨论, 待结束后集中讨论.
- 当头脑风暴过程出现不和谐的情况时, 主持

人必须及时介入。

- 几种不同的方式可以混合使用. 如先进行纸条传递式, 然后用自由发言式进行补充.

2.5 优先矩阵

2.5.1 优先矩阵是什么

优先矩阵是一种团队用于筛选变量(输入变量和过程变量)的方法. 在前述的 2.2 变量汇总表和 2.3 鱼刺图中, 团队得到了很多对过程输出可能有影响的变量, 可是无法测量所有可能对过程输出有影响的变量, 此时可以通过讨论决定测量其中的哪些变量, 如果经过讨论仍无法决定, 那么可以用本节所讲的方法来决定.

2.5.2 为什么使用优先矩阵

- 因为对过程输出可能有影响的变量太多, 需要筛选.
- 对于哪个因子对输出影响大, 团队成员有不同的意见.
- 将筛选后得出的变量与 CTQ(过程输出变量)一起测量, 在分析阶段, 利用这些数据进

行分析.

2.5.3 如何使用优先矩阵

- 列出 CTQ.
- 按 CTQ 对顾客的重要程度进行评分.
- 列出所有的输入变量和过程变量.
- 根据输入变量和过程变量对 CTQ 的影响, 分别进行评分. 0 分代表无影响, 9 分代表影响很大.
- 将 CTQ 评分与相关的影响交叉相乘并相加, 这样得到每个输入变量和过程变量的总分.
- 总分越高, 代表团队认为这越重要, 那么在后续的测量过程中就要测量该变量. 在下面的例子中, 无疑地说明: 在后续的测量中, 应将“自来水杂质量”/“滤芯牌号”/“滤芯寿命”/“滤芯清洁度”和“紫外线强度”和 CTQ 同时测量.

表 2.2

CTQ	净水杂质含量	净水的含菌数	漏水率	净重	总分
CTQ 权重	8	9	6	3	
自来水杂质量	6	3	0	0	111

(续表)

CTQ	净水杂质含量	净水的含菌数	漏水率	净重	总分
CTQ 权重	8	9	6	3	
自来水水温	2	4	0	0	52
滤芯牌号	6	3	0	0	75
滤芯寿命	6	5	0	0	93
滤芯清洁度	7	5	0	0	101
水压	0	4	0	0	36
冲洗时间	2	5	0	0	61
灌装速度	0	0	0	5	15
紫外线强度	0	8	0	0	72
装盖力矩	0	0	7	1	3
装盖压力	0	0	7	1	45

2.5.4 优先矩阵注意点

- 如果对于某一个输入变量或过程变量,团队在做优先矩阵前已一致认为不重要,则不必把它们列入该优先矩阵中.
- 在任何时候,当对几个 CTQ 的权重评分一样时,要问以下问题:“如果在这几个权重一

样的 CTQ 中必须牺牲一个,那么它是哪一个?”一般情况下,团队就能分出哪一个 CTQ 的权重应高一点,哪一个 CTQ 的权重应低一点.

2.6 抽样计划

2.6.1 抽样计划是什么

为了了解过程现有的表现和能力,必须测量过程的输出(产品或服务),但是我们往往不能测量所有的产品或服务,只能测量其中的一部分,再推断整个过程的表现.这时候,就要考虑两个问题:

- 应该抽取多少样品?
- 如何抽取样品?

抽样计划包括抽样的大小和抽样的方法.

2.6.2 为什么使用抽样计划

- 往往在无法测量所有的产品或服务的情况下,必须通过样本来了解总体和过程的情况.
- 在必须确定抽多少样才足够的情况.
- 在必须确定如何抽样时.

2.6.3 如何确定抽样的大小

(1) 确定数据的类型.

连续数据:

连续数据是通过利用一定的测量工具测量得到的. 数据的小数点后的数字越多, 表明测量越精确. 比如, 重量/高度.

离散数据:

离散数据是通过统计符合或不符合某种特征的个体或事件的数量, 或统计某个事件的发生频率而得出的. 比如, 清点有多少产品有缺陷, 记录今天有多少个投诉电话, 等等.

离散数据常见的有两类.

离散属性数据:

它可以通过统计符合某种特征的个体或事件的数量得到, 也可以通过统计不符合某种特征的个体或事件的数量得到. 能得到符合该特征的个体或事件有百分之多少. 所以把这一类数据也叫离散百分比数据, 比如, 可以统计多少产品有缺陷, 同时也能统计多少产品没有缺陷. 从而可以计算出次品所占的百分比.

离散计数数据:

它是通过统计某个事件的发生频率而得出的,

而那些未发生的事件则无法统计. 因此, 不能将这一类数据转换为百分比. 比如, 可以记录今天客户给我打了几个电话, 但我无法了解客户没有打给我的电话数量.

对于这一类数据, 如果事件发生的频次不小, 比如, 南京路口每天走过的人数, 在实际的数据处理中, 可以将它作为连续数据处理.

在本节中仅讨论连续数据和离散属性数据(离散百分比数据).

(2) 你希望估计值所要达到的精度.

比如, 我要了解这批瓶装水的平均重量, 我希望结果与真实值之间的误差不超过 $\pm 10\text{g}$.

再如, 我要抽样了解, 有百分之多少的成年人会对这种产品有兴趣, 我希望误差在 $\pm 1\%$ 之内.

(3) 估计连续数据的标准偏差是多少或离散百分比数据的百分比是多少.

比如, 按照过去的一些经验, 瓶装水的标准偏差大约是 20g . 再如, 按照相近产品的数据表明, 对该类产品, 大约有 10% 的人会感兴趣.

有时你也可以先从总体或过程中取一个小样本, 来估计标准偏差或百分比.

(4) 利用以下公式来计算所需的子样大小 n .

对于连续数据:

$$n = \left(\frac{2s}{d}\right)^2$$

式中

s 表示标准偏差；

d 表示精度。

对于净水的例子，子样大小为：

$$n = \left(\frac{2 \times 20}{10}\right)^2 = 16 \text{ 瓶}$$

对于离散百分比数据：

$$n = \left(\frac{2}{d}\right)^2 \sqrt{p(1-p)}$$

式中

d 表示精度；

p 表示估计的离散百分比数据的百分比。

对于净水的例子，子样大小为：

$$\begin{aligned} n &= \left(\frac{2}{d}\right)^2 \sqrt{p(1-p)} \\ &= \left(\frac{2}{0.01}\right)^2 \sqrt{0.1 \times (1-0.1)} \\ &= 12000 \text{ 人} \end{aligned}$$

(5) 对于总体较小的情况，抽样量要用其他公式来调整。

(6) 对于过程而言，以上算出的子样大小是最起码的，实际抽样要比计算的多。

2.6.4 如何确定抽样方法

一般有以下几种抽样方法(见图 2.6).

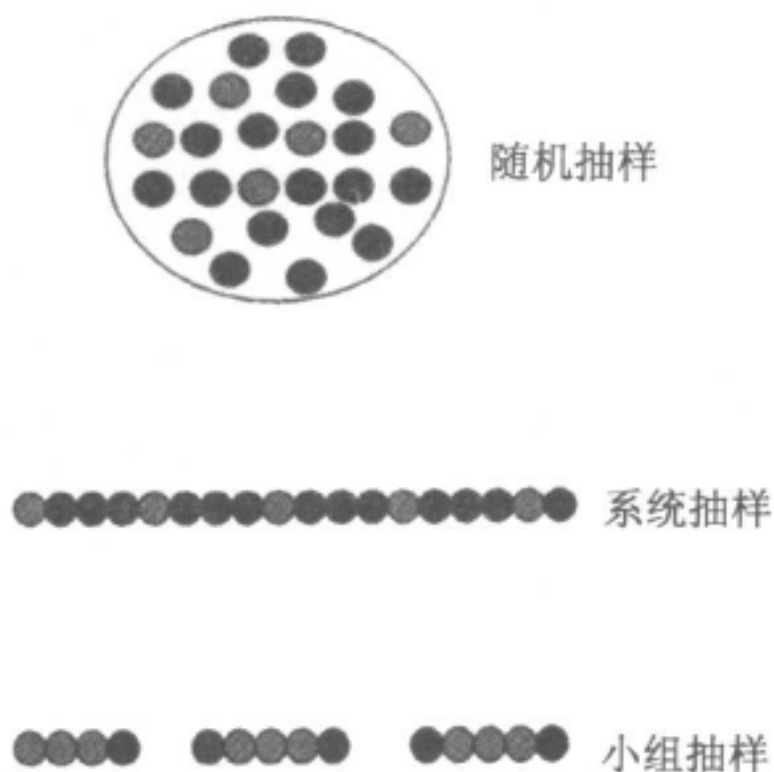


图 2.6

(1) 随机抽样:

总体中的每一个个体都有同样的机会被抽中. 该方法仅仅用于总体抽样.

(2) 系统抽样:

每经过一定量的个体后,抽取一个. 比如,每生产 100 瓶水,抽取 1 瓶称重. 该方法可以用于总体中,也可用于过程中.

(3) 小组抽样:

每经过一定的时间抽出一定量的样品. 如每过

一个小时连续抽 4 瓶水称重. 该抽样方法仅仅用于大批量连续生产中.

2.6.5 抽样计划注意点

- 抽样方法的正确与否对样本是否有代表性有很大的影响, 这直接影响到从子样推断出的结论是否有效.
- 一般情况下, 因为总是偏向于抽取较多的样品, 所以抽样的大小一般不是一个问题.

2.7 测量系统分析

2.7.1 基本概念

测量系统往往有以下的问题:

(1) 分辨率不够.

一般要求分辨率至少是被测件的公差范围的 1/10 或更高. 这通过选择合适的量具就可解决.

(2) 准确性差.

测量值的平均值和被测件的真实值之间有太大的差异. 一般可通过校验来校正.

(3) 线性差.

在测量系统的量程范围内, 准确性有较大的变化.

(4) 量具不稳定.

在不同的时间内,用同样的测量系统测量同一个被测对象时,差异会很大.一般可以通过利用控制图来了解测量系统的稳定性.

(5) 重复性不好.

同一个人,利用同一个测量系统,测量同一个被测对象时,差异会很大.一般可以通过量具的重复性和复现性试验来解决.

(6) 复现性不好.

不同的人,利用同一个测量系统或不同的测量系统,测量同一个被测对象时,差异会很大.一般可以通过量具的重复性和复现性试验来解决.

下面仅介绍量具的重复性和复现性试验.

2.7.2 连续数据的测量系统的重复性和复现性试验(Gage R&R)是什么

量具的重复性和复现性试验是通过一系列的试验,来了解测量系统的重复性和复现性相对于被测对象而言是否足够.总体而言,观测到的过程的偏差(σ_{Total})往往由过程的真正偏差($\sigma_{\text{part-to-part}}$)和测量系统的重复性和复现性偏差($\sigma_{\text{R\&R}}$)两部分组成.要评估:测量系统的重复性和复现性偏差相对于观测到的过程的偏差而言是否足够小.

$$\sigma_{\text{Total}}^2 = \sigma_{\text{part-to-part}}^2 + \sigma_{\text{R\&R}}^2$$

$$\sigma_{\text{R\&R}}^2 = \sigma_{\text{Repeat}}^2 + \sigma_{\text{Reproduce}}^2$$

2.7.3 连续数据的测量系统的重复性和复现性试验如何完成

(1) 从过程中收集数个有代表性的样品,通常需要 10 到 30 个. 样品要能基本代表过程的偏差范围.

(2) 让不同的操作者测量这些样品,一般每人测量 3 到 5 遍. 注意:不同的操作者测量这些样品的次数必须相同.

(3) 将这些数据输入某统计软件,如MINITAB中.

(4) 将上述数据进行运算后会得出下列的结果,然后按这些结果进行判断.

- %贡献率由以下公式定义:

$$\frac{\sigma_{\text{R\&R}}^2}{\sigma_{\text{Total}}^2} \times 100\%$$

此百分比小于 9%可接受.

- 可分辨的类别数由以下公式定义:

$$1.41 \times \frac{\sigma_{\text{part-to-part}}}{\sigma_{\text{R\&R}}}$$

此指数大于 4,可接受.

(5) 如果这些指标未达到要求,那么需要检查

主要是重复性不好,还是复现性有问题.

- 如果重复性不好,可能是同一被测零件上的不同位置的偏差很大,或是被测对象很不稳定,也可能是测量工具本身的偏差很大.如果是后者,必须通过改进测量工具本身来解决.
- 如果复现性不好,很可能是由于不同的人使用的测量方法不同,也可能是由于不同的人使用了不同的测量工具,并且不同的测量工具之间有较大的差异.如果是前者,通过培训可以解决问题.如果是后者,通过校验不同的量具往往可以解决问题.

2.7.4 离散数据的测量系统的重复性和复现性试验(Gage R&R)是什么

在很多时候,测量的结果不是得出一个测量值,而是得出一个判断,比如,目视检验某个零件是否合格.这一类的测量系统往往是目视判断或主观判断,故称之为离散数据的测量系统.

2.7.5 离散数据的测量系统的重复性和复现性试验如何完成

- 从过程中收集数个有代表性的样品,通常需要30个以上.样品要有不同的属性,如合格

的、不合格的及勉强可接受的。

- 不同的人分别对这些样品做多次的判定。
- 将结果汇总到表格中,或 MINITAB 中,观察同一个人对同一件样品的判断是否一致。不同的人对于同一件样品的判断是否一致。如果有不一致之处,找出其原因。判断至少要达到 90% 的一致性,尽量要达到 100% 的一致性。

MINITAB 同时也提供 Kappa 和 Kendall's 系数(针对评级判断),也可按此做可接受性判断。

表 2.3

Sample	Attribute	Operator 1			Operator 2			Operator 3			Agree Y/N
		Try 1	Try 2	Try 3	Try 1	Try 2	Try 3	Try 1	Try 2	Try 3	
1	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
2	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
3	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
4	GOOD	B	B	G	G	G	G	G	G	G	N
5	BAD	G	G	G	B	B	B	B	B	B	N
6	BAD	B	B	B	B	B	B	B	B	B	Y
7	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
8	BAD	B	G	B	B	B	B	B	B	B	N
9	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
10	GOOD	G	B	G	G	G	G	G	G	G	N
11	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
12	BAD	G	B	B	B	G	B	B	B	B	N
13	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
14	GOOD	G	G	B	G	G	G	G	G	G	N
15	BAD	G	G	B	B	B	B	B	G	B	N
16	GOOD	G	G	G	G	G	G	G	G	G	Y
17	BAD	B	G	G	B	B	B	B	B	B	N
18	BAD	B	B	B	B	B	B	B	B	B	Y
19	GOOD	B	B	B	B	B	B	B	B	B	N
20	GOOD	B	B	G	G	G	G	G	G	G	N
Appraiser score(%)		42/60=70%			56/60=93%			56/60=93%			10/20
Overall score(%)										50%	

2.7.6 测量系统分析注意点

- 对用于测量输入变量或过程变量的量具也要进行分析检验。
- 测量系统合格与否取决于被测对象的偏差。当过程改进后,过程的实际偏差会降低,相对而言,测量系统造成偏差的比例就会上升。此时,原有的合格测量系统可能会变得不合格。

2.8 时间序列图

2.8.1 基本概念

从过程中抽样时,往往都会按时间顺序进行,因此数据自然而然也有了时间顺序。如果把数据按时间序列展开成如图 2.7 的形式(图中 COD 表示杂质含量),就能了解随时间的推移,过程是如何变化的。

从下图中可以了解:

- 有没有向上增大或向下减小的趋势?
- 有没有特殊原因的点? 如有,发生在何时?
- 整个过程运行的范围在哪里?

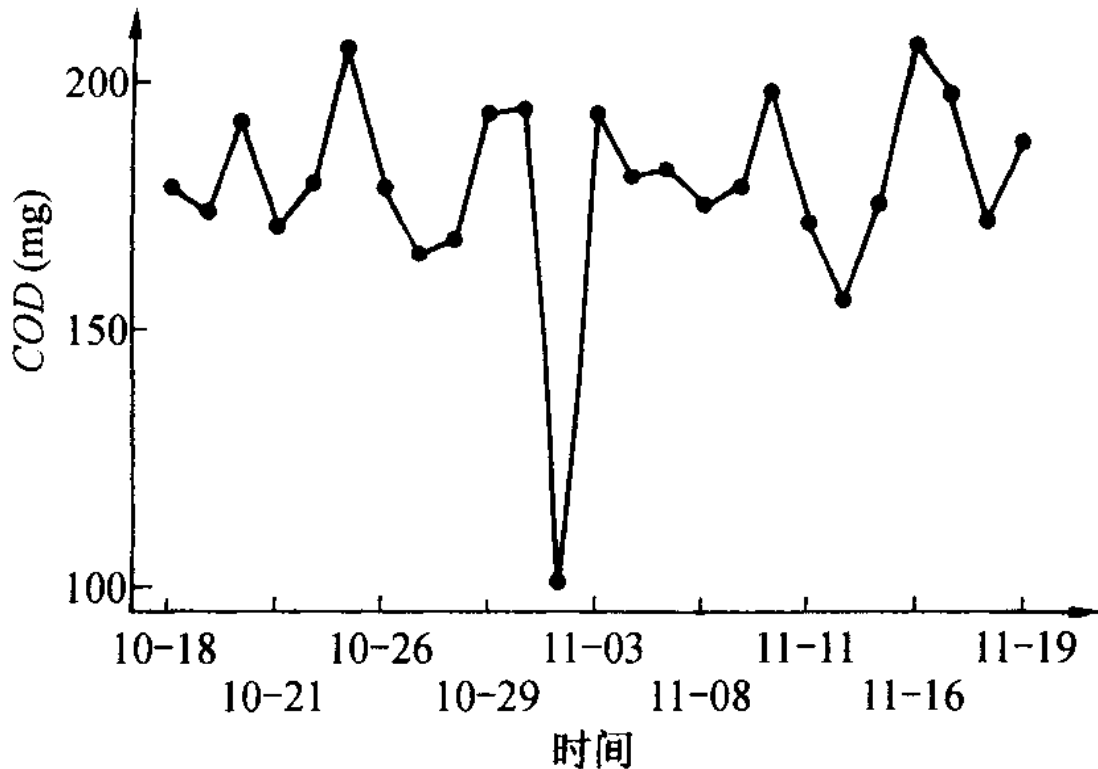


图 2.7 10-18~11-19 杂质含量的时间序列图

2.8.2 偏差的类型

时间序列图的一个很重要的作用是用于判定过程中偏差的种类,看是否有由于特殊原因造成的偏差存在.

过程总会存在偏差,生产出来的产品总是有所差异.世界上,完全相同的东西是不存在的.所以偏差是普遍存在,永远不可能完全消除的.我们所能做的就是了解过程中偏差产生的原因,从而采取相应的措施,减少偏差.可以将偏差分为两类:

- 通常原因偏差.由于过程中的输入变量和过程变量在正常情况下总会产生一些波动,从

而会使输出结果在一定范围内波动. 这样的偏差由于通常原因所造成, 称之为通常原因偏差.

- 特殊原因偏差. 由于过程中发生了非正常事件, 从而引发了输出结果的较大偏差, 这称之为特殊原因偏差.

以骑自行车上班为例.

- 通常原因偏差: 每天经由同一路线时, 你遇到的红灯有多有少, 路上的行人有多有少, 骑车的速度有快有慢, 等等. 因此即使每天的出发时间基本一致, 并且路上没有特殊事件发生, 到达公司的时间也会不相同.
- 特殊原因偏差: 某一天自行车的轮胎爆了, 所以晚了很多; 又如某一天下大雨, 车骑得很慢, 所以晚了很多.

对于提供产品的生产过程或提供服务的服务过程, 都会有通常原因偏差, 有时也会有特殊原因偏差. 改进的总目标是减少偏差, 但不同的偏差应有不同的处理方法.

(1) 对于特殊原因偏差:

- 通过采集数据, 用时间序列图或控制图来监控, 以便及时发现特殊原因的偏差.
- 马上查找, 最近过程是否经历了变化.

- 针对找到的变化,采取纠正行动.
- 从过程结果确认特殊原因偏差是否已消除.如果没有,继续寻找可能的特殊原因.
- 如果过程结果能够确认特殊原因偏差已消除,还应采取措施,防止同样的特殊原因偏差再次发生.

(2) 对于通常原因偏差:

- 很难通过寻找一个点与另一个点之间的差异来找出根本原因.
- 一般而言,通常原因偏差是由很多的过程变量和输入变量之间的偏差引起的.但每个过程变量和输入变量的偏差对于过程输出的影响是不同的,有的大,有的小.要分析很多的数据,才能了解哪些过程变量或输入变量的偏差对于过程输出的影响很大.一旦确认,则可以通过改变这些过程变量和输入变量来提高过程输出的稳定性,减少偏差.
- 通常,这样的变化会比较大会比较大,并且分析哪个过程变量和输入变量的偏差对过程输出影响大,需要较多的数据,因此需要管理层组织团队去完成,并改进工作.
- DMAIC 就是一种很好的、结构化的、可以减少通常原因偏差的方法.

2.8.3 如何从时间序列图上发现特殊原因

如果从时间序列图上发现了以下的特征,那么此时过程已经受到特殊原因的影响.

- 连续有 9 点或 9 点以上在中位数线的同侧.有些人也推荐以连续 7 或 8 点作为判据而不是 9 点.当出现此类特征时,过程发生了平均值的偏移,应立即寻找发生偏移的原因.
- 连续有 6 点在连续上升或下降.有些人也推荐以连续 7 点作为判据而不是 6 点.当出现此类特征时,过程有趋势性的变化,应立即寻找过程中有趋势性的变化因子.
- 连续有 14 点或更多点依次交替上下.当出现此类特征时,过程中可能存在两种过程状态,比如,有两个灌装头,当两个灌装头有显著差异,并且在两个灌装头上交替抽样时,时间序列图上就有可能出现这种特征.
- 其他的非随机特征(见图 2.8).

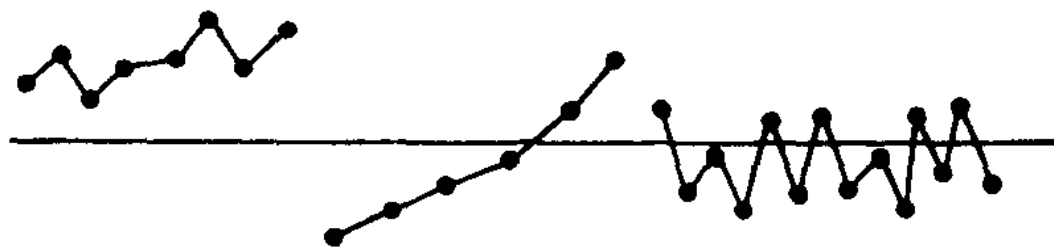


图 2.8

2.9 控制图

2.9.1 基本概念

在时间序列图上加上用统计学方法得出的控制线,时间序列图就变为了控制图.图 2.9 就是一幅单值控制图.

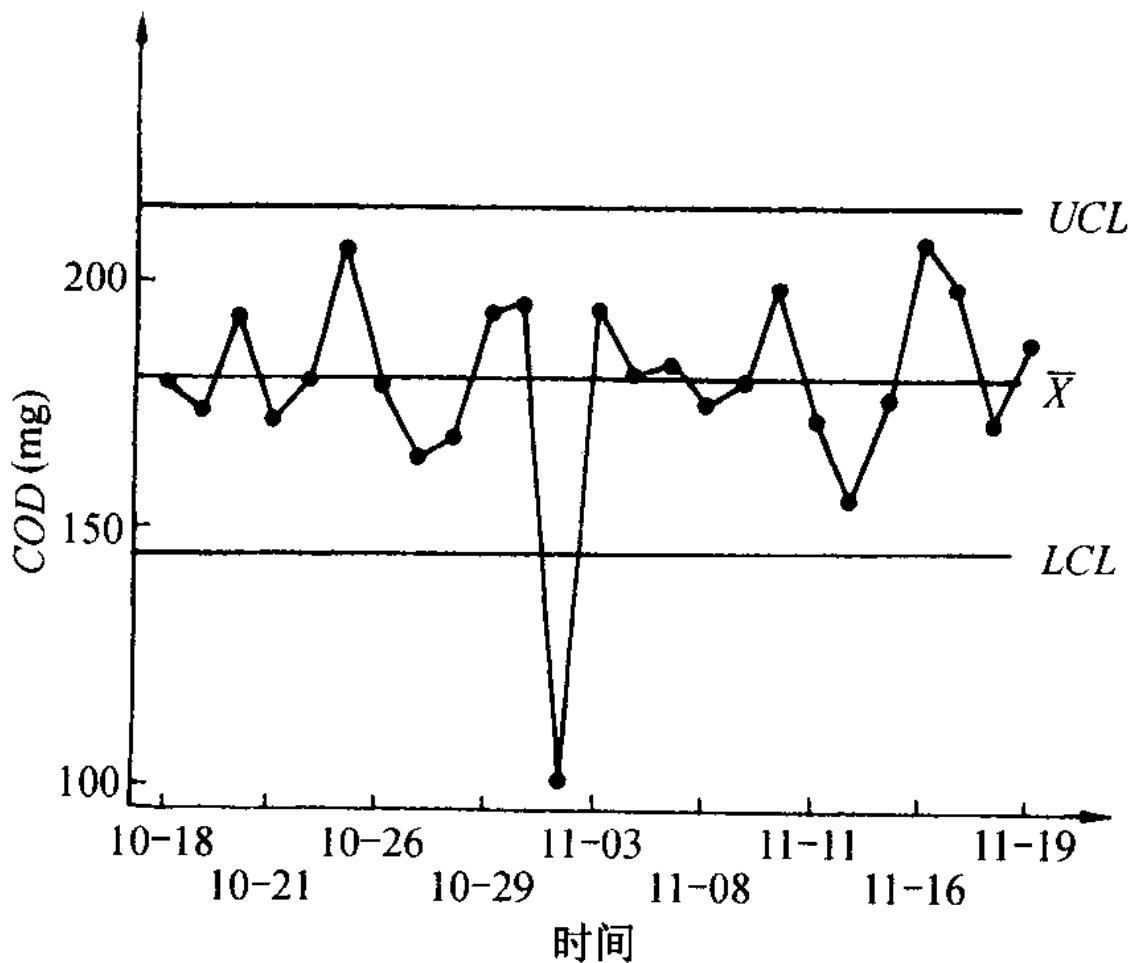


图 2.9 10-18~11-19 杂质含量的控制图

上图中 \bar{X} (中心线) 是过程数据的平均值, UCL (上控制限) 为平均值加 3 倍的标准偏差, LCL (下控

制限)为平均值减3倍的标准偏差.每个点是一个测量值.其中有一个点已经超出了下控制限,过程在那时受到了特殊原因的影响.

从上图中可以了解过程是否受到特殊原因的影响.当过程中没有特殊原因偏差时,过程是稳定的;当过程受到特殊原因偏差影响时,过程是不稳定的.一个稳定的过程,其结果是可预测的,而不管过程是否有能力满足顾客的要求.相反,一个不稳定的过程,其结果是不可预测的,而不管过程是否有能力满足顾客的要求.当在单值控制图或 \bar{X} -R图上发现任何如下的特征时,说明过程已受到特殊原因的影响.

- 一个或多于一个点超出控制限(3倍标准偏差极限).
- 连续有9点或以上的点在中位数线的同侧.有人也推荐以连续7或8点作为判据而不是9点.
- 连续有6点或以上的点在依次连续上升或下降.有些人也推荐以连续7点作为判据而不是6点.
- 连续有14点或更多点交替上下.
- 连续的3个点中,有2个及以上的点超出2倍的标准偏差(在中心线的同一侧).

- 连续的 5 个点中,有 4 个及以上的点超出 1 倍的标准偏差(在中心线的同一侧).
- 连续的 14 个及以上的点在 1 倍的标准偏差内.
- 连续的 8 个及以上的点都在 1 倍的标准偏差外.

2.9.2 单值控制图

单值控制图上的每个点代表了一个测量值而不是几个测量值的平均值,所以这一类的图叫单值控制图(例见 2.9.1).当采用系统抽样时,一般都用该图来了解和监控过程的稳定性.

单值控制图上的控制限可以用以下公式计算:

(1) 利用移动极差的平均值计算:

$$UCL = \bar{X} + 2.66\bar{R}$$

$$LCL = \bar{X} - 2.66\bar{R}$$

(2) 用移动极差的中位数计算:

$$UCL = \bar{X} + 3.14\tilde{R}$$

$$LCL = \bar{X} - 3.14\tilde{R}$$

利用移动极差的中位数一般更能反映过程的通常原因偏差,所以更推荐用移动极差的中位数来计算控制线.

单值控制图是最广泛使用的控制图.其通用性

很好,可以用于连续数据,也可以用于离散数据,比如,可以用单值控制图监控每天的电话数。

使用单值控制图的前提是数据基本呈正态分布.如果数据分布与正态分布有较大出入,则须将数据经过一定的转换,将数据转换为基本正态分布,然后用转换后的数据来产生单值控制图。

2.9.3 \bar{X} -R 图

当使用小组抽样时,就有可能使用 \bar{X} -R 图(平均值极差图).图 2.10 是一个有关灯泡生产过程中

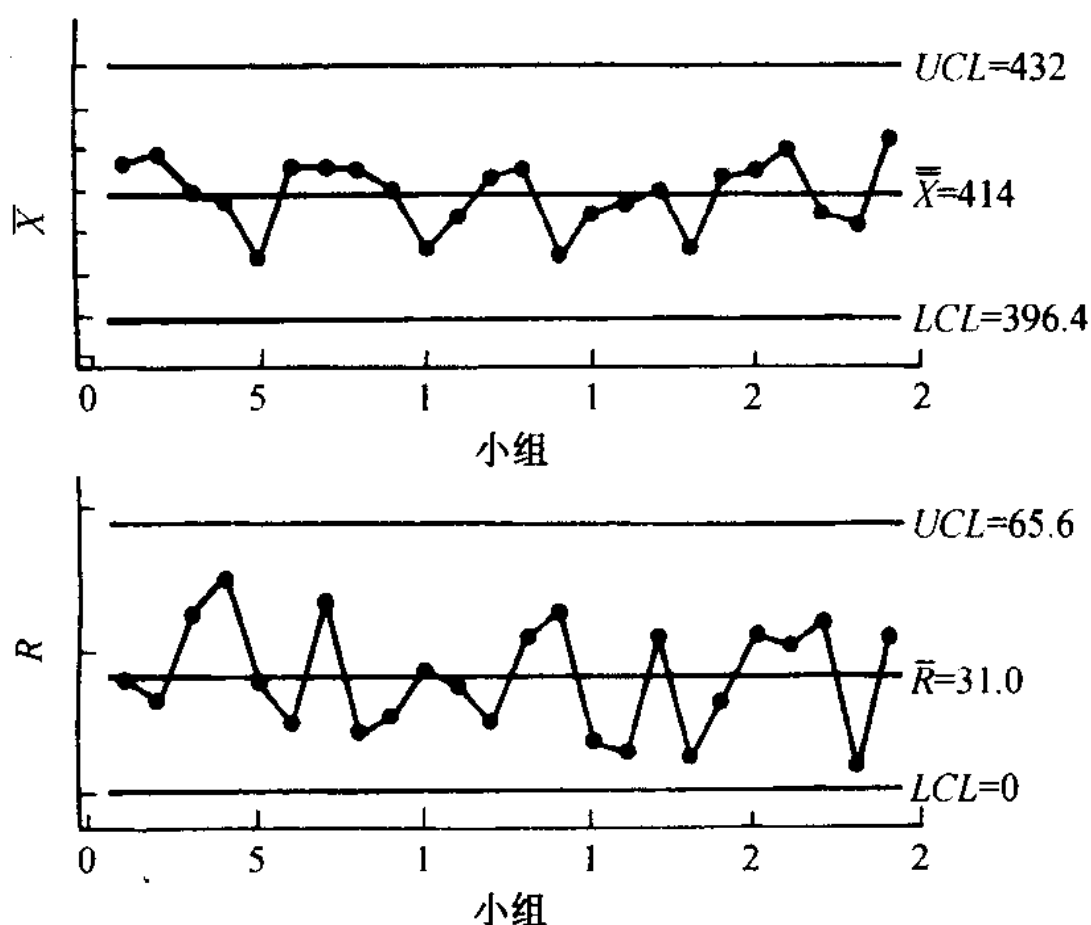


图 2.10 灯泡流明数的 \bar{X} -R 图

灯泡亮度的 \bar{X} - R 图. 该图基于每天早晨 9 点抽取 5 个灯泡作为子样并测量亮度. 在该图中, \bar{X} 图中的每一个点代表了每个小组的 5 个灯泡的平均亮度, R 图中的每个点代表了每个小组 5 个灯泡中的亮度最大值减去最小值.

\bar{X} 图可以帮助我们监控过程中的平均值, R 图帮助我们监控过程的偏差. 在上例的图中有一点超出了上控制限 (UCL), R 图中有一点超出了下控制限 (LCL), 这都显示了那时有特殊原因出现.

控制限的计算方法见第 5 章控制中的控制图一节. 特殊原因的检验方法与单值控制图一样.

\bar{X} - R 图的缺点是:

- 在作图前需要计算平均值和极差.
- 抽样要符合合理分组的假定, 即组内的偏差应能较合理地代表过程中所有通常原因的偏差. 该要求一般只能在连续批量的生产中才有可能实现.

2.10 频率图

2.10.1 基本概念

频率图是一种帮助了解不同数值的发生概率

的图形工具.图2.11是批准报销单的周期时间的频率图.

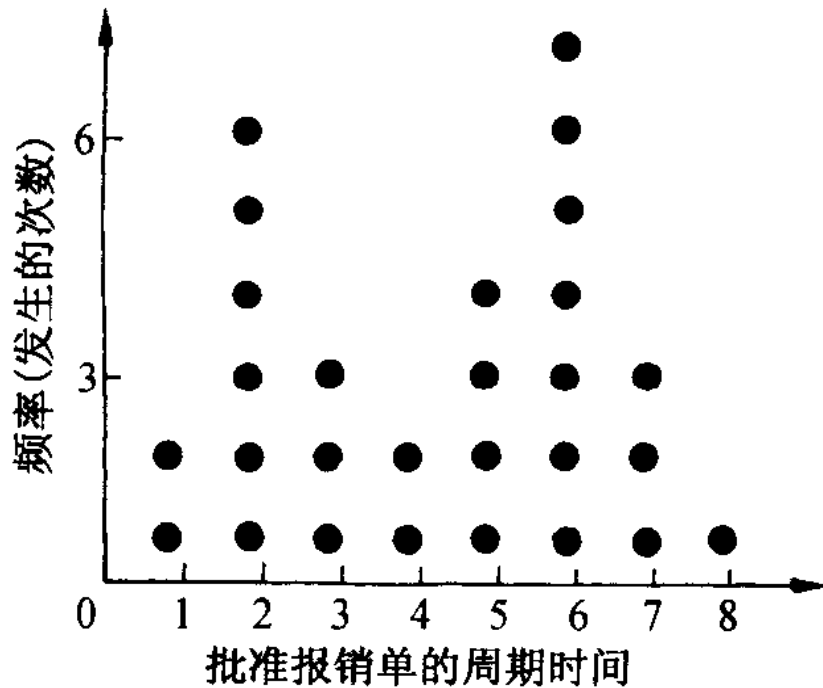


图 2.11

从上图可以了解:

- 数据的范围(跨度).
- 不同的数值出现的概率.
- 分布呈现何种特征.
- 是否有异常.
- 过程能否满足顾客的要求(将顾客的规范要求加注在图上,判断过程的输出是否落在规范之内).

2.10.2 频率图的类型(图 2.12)

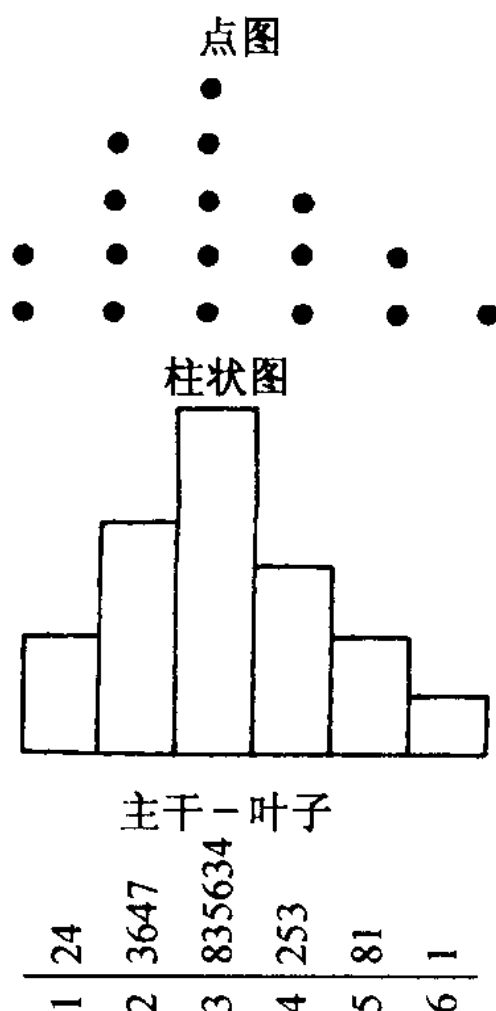


图 2.12

2.10.3 频率图的形状及可能的结论

(1) 形状 1(见图 2.13):

图中数据对称,呈钟形分布,即正态分布.该形状是从稳定的过程中取得的数据最常见的分布.常把它与时间序列图或控制图一起使用,以检验其稳定性.如果数据呈现该分布,则用正态分布的理论

去模拟该组数据,从而可以计算过程的能力指数或表现指数,并能估计该过程可能产生的缺陷的数量.

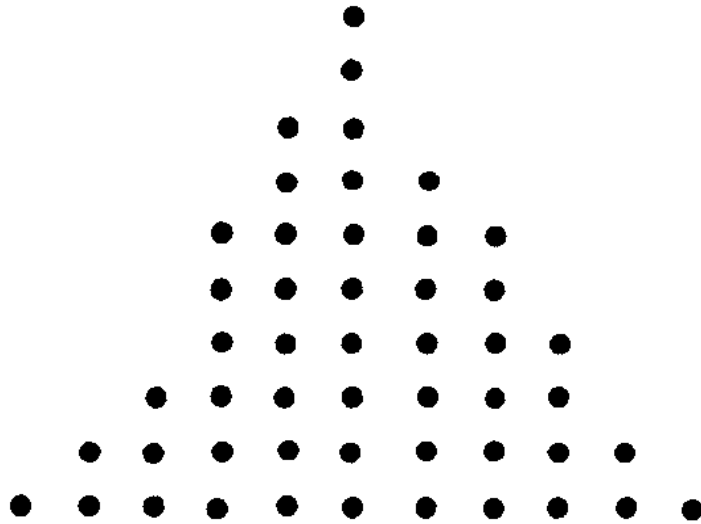


图 2.13

(2) 形状 2(见图 2.14):

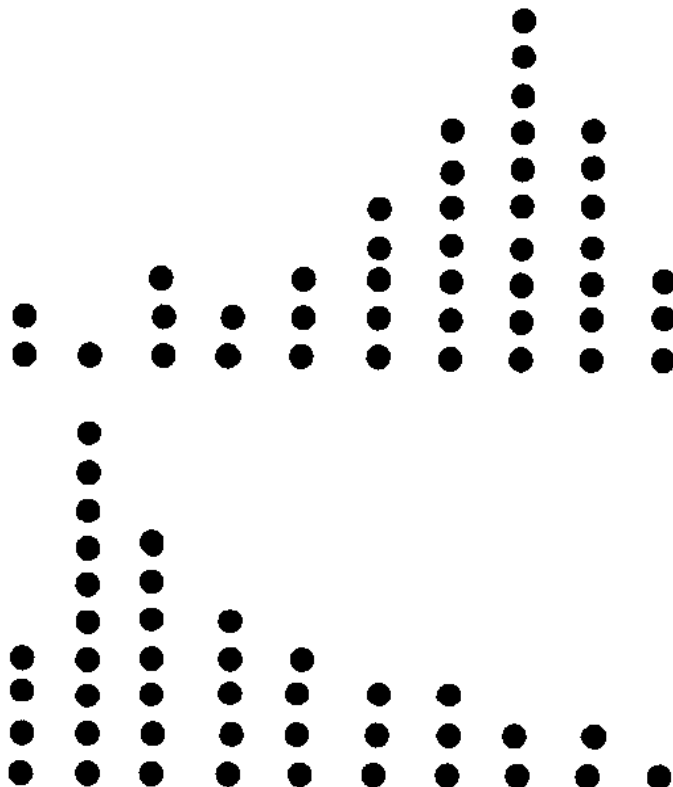


图 2.14

图中数据不对称,向一边倾斜.检查了时间序列图,可了解这种不对称性是否由过程的漂移(特殊原因偏差)引起的.如果答案是“是”,则应寻找可能的特殊原因.如果答案是“不是”,那么可能是数据本身不服从正态分布.此时往往需要将数据做适当的转换,将它转换为正态分布后,再用正态分布的理论去模拟分析该数据.

(3) 形状 3(见图 2.15):

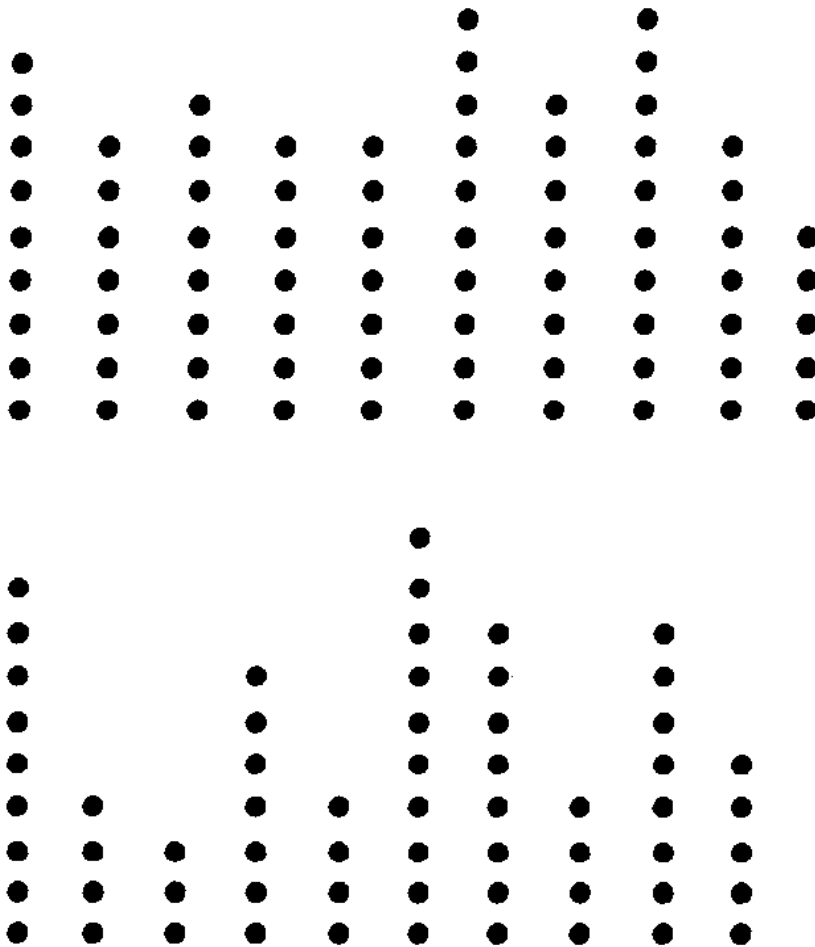


图 2.15

图中数据呈现平均分布或出现很多峰值.检查

时间序列图来了解这种现象是否由过程的多次漂移或连续稳定的漂移(特殊原因偏差)导致的. 如果答案是“是”, 则应寻找可能的特殊原因. 平均分布的另一个可能是过程能力很差, 产品经全检, 并报废了所有不合格品. 该图仅仅是用合格的产品数据所作的.

(4) 形状 4(见图 2.16):

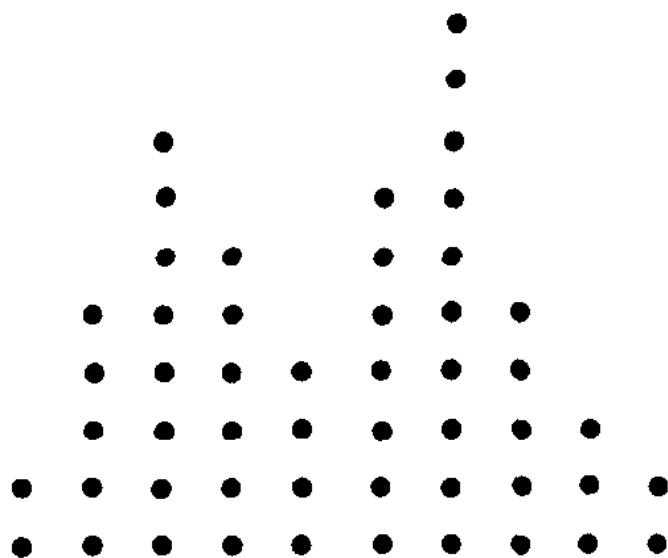


图 2.16

图中数据呈现双峰现象. 检查时间序列图来了解这种现象是否由过程的漂移(特殊原因偏差)导致的. 如果答案是“是”, 则应寻找可能的特殊原因. 如果从时间序列图上看不到漂移, 那么将数据按其他的因子, 如班次、机头或操作工等进行分组.

(5) 形状 5(见图 2.17):

该形状只有很少几个不同的数值类别. 图 2.17 中只有 4 种不同的数值. 当量具的分辨率不够时,

就会出现此类图形. 比如, 实际周期时间为 1~3 天时, 如果最小测量单位是“天”, 那么只能有三个可能的数值——1 天、2 天和 3 天. 应用更小的单位去测量数据. 以上述周期时间为例, 用小时作为最小测量单位会更好些. 在制造业中, 往往需要更换量具来获得更小的分辨率(测量的最小单位). 一般而言, 有 10 组或以上的不同的数值是较理想的, 有 5 组到 10 组不同的数值是勉强可接受的.

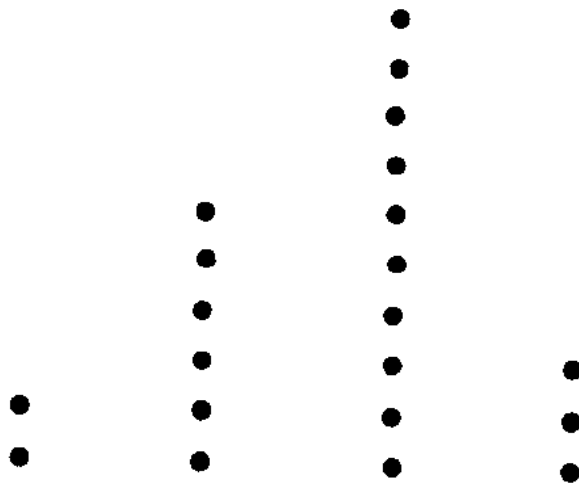


图 2.17

(6) 形状 6(见图 2.18):

该形状有“孤岛”形的点(图 2.18 中最右边的点), 该点往往是由于特殊原因偏差引起的. 画出该组数据的时间序列图, 可以了解在何时过程中存在特殊原因偏差.

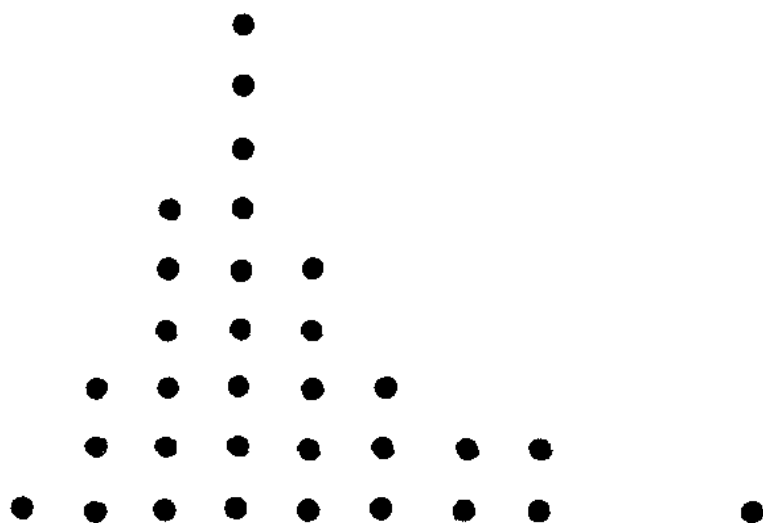


图 2.18

2.10.4 频率图注意点

- 虽然频率图有不同的形式,但当数据的数量较小时,比如,只有 30 个数据点时,建议用点图,此时如果用柱状图可能会得出错误的结论.一般而言,50 个以上数据点可用柱状图.
- 频率图应该和时间序列图或控制图配合起来使用,以便更好地对数据作出分析,由此得出准确的结论.
- 主干-叶子图特别适合于操作工用来记录数据和了解过程表现.
- 频率图适合于连续数据.

2.11 帕累托排列图

2.11.1 基本概念

帕累托排列图是一种帮助我们了解问题的不同部分其重要程度的图形工具. 从图 2.19 可以了解报销单上的缺陷的不同种类及它们的影响大小.

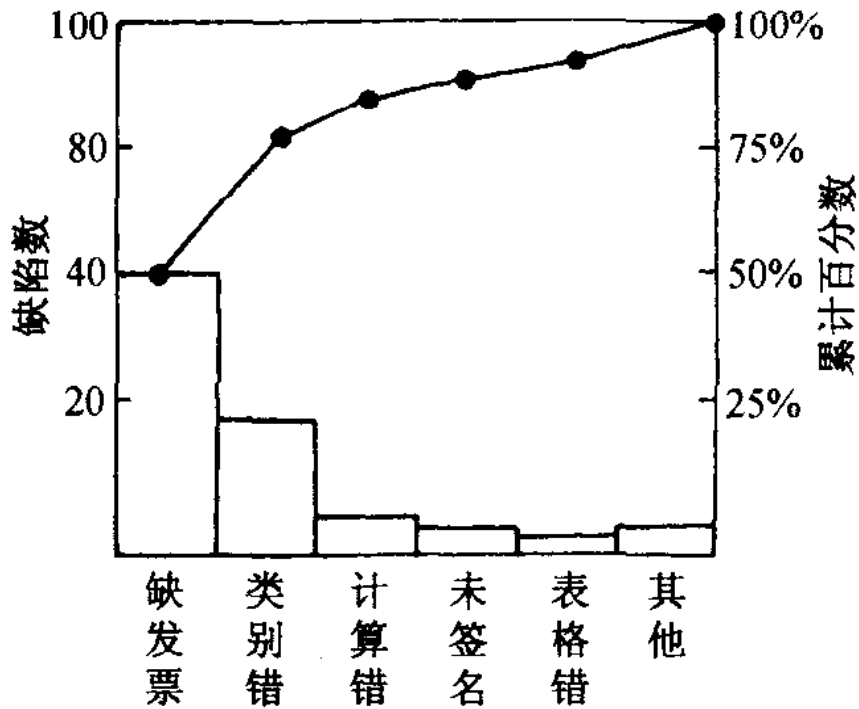


图 2.19

从图 2.19 中可以了解：

- 最主要的类别有哪几种. 在图 2.19 中可以了解在该过程中, 最主要的缺陷类别为“缺发票”和“类别错”.
- 累积百分比. 如从图 2.19 中可以知道最主

要的两类缺陷——“缺发票”和“类别错”，它们占到了全部缺陷的 75%。

- 是否符合帕累托原则. 图 2.19 中仅仅两类缺陷就占到全部缺陷的 75%，这符合帕累托原则. 所以应该把改进的工作重点放在这两类缺陷上.

帕累托原则最初用于描述经济现象：20%的人掌握 80%的社会财富. 朱兰将它引入到质量改进中，他认为在过程中，大部分的问题或缺陷是由少数的可能的原因引起的. 因此，如果关注这些关键的原因，就可以涵盖问题的大部分.

2.11.2 如何形成帕累托排列图

- 将问题进行分类. 如对缺陷进行分类. 将过程周期时间按步骤分开.
- 作出横坐标及左右各一个纵坐标. 右边的纵坐标代表累计百分数, 左边的纵坐标代表实际的数值.
- 以柱状的形式表示各类别的相对重要性, 并按从大到小的顺序排列.
- 画出累计百分数线.

2.11.3 帕累托排列图注意点

- 在排列图上一般总有一个“其他”类别, 它可

以是很多不重要的类别的累计. 它不必是最矮的, 但不应是最高的柱子之一. 如果它是最高的柱子之一, 应将它分解, 在其中也许有一类的缺陷所占的比例很高.

- 帕累托原则常被描述为 20/80 原则, 但在实际的过程中可能并不一定是 20/80. 只要大部分的问题或缺陷是由少数可能的原因引起的, 就认为帕累托原则适用于该数据.
- 如果用一种分类法得出的图形不太符合帕累托原则, 则可以将数据按其他方法分类后, 再重新作图. 以本节中的报销单上的缺陷为例, 也可以将缺陷按产生的部门分类后, 作出新的帕累托排列图.
- 作帕累托排列图时也要注意数据的量, 比如, 作缺陷的排列图时, 总缺陷数应在 50 个以上.

2.12 过程能力和表现指数

2.12.1 基本概念

过程能力和表现指数是表征过程满足顾客规范要求的程度. 如果一个过程的偏差小, 生产出来

的产品基本上全部在顾客要求的规范之内,那么该过程的过程能力和表现指数就高;反之,则低(见图 2.20).

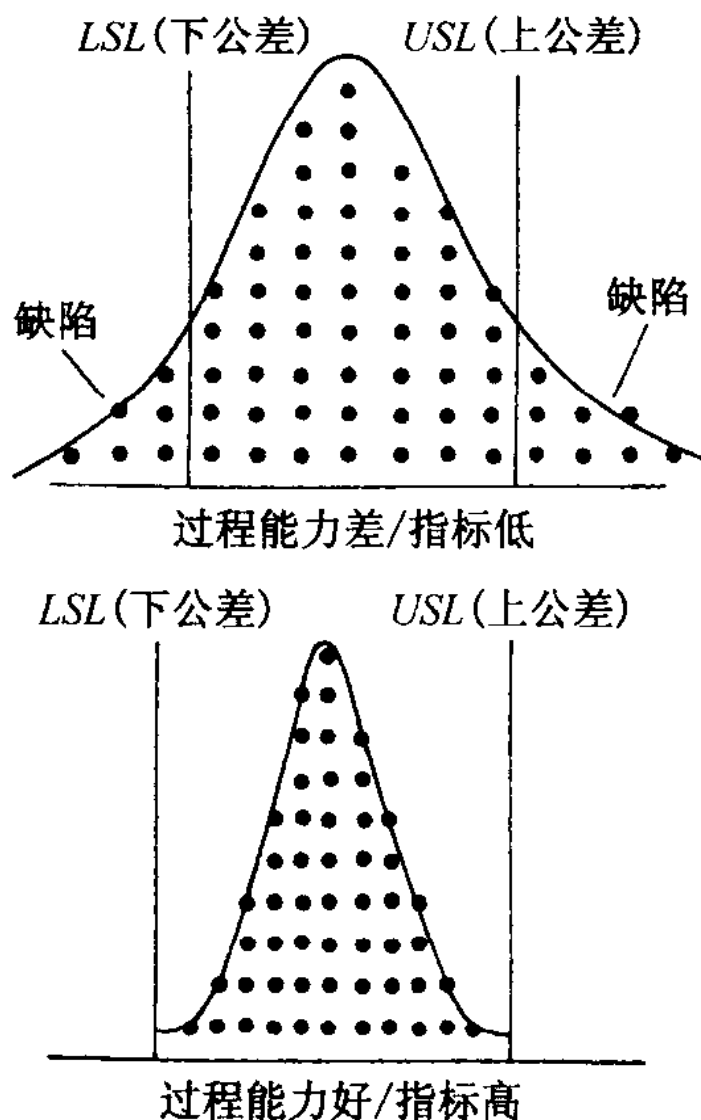


图 2.20

过程能力和表现指数有:

- 适用于连续正态数据过程的短期能力指数—— C_p 和 C_{pk} .
- 适用于连续正态数据过程的长期能力(表现)指数—— P_p 和 P_{pk} .

- 适用于连续和离散数据的过程能力指数—— σ (西格玛)水平。

2.12.2 如何计算 C_p 和 C_{pk}

(1) 定义要评估的输出变量。

(2) 当过程处于最好运行状态时(没有任何特殊原因),收集较短时间内的数据。一般而言,抽样量要大于 50 个。如果有 100 个数据,则更理想。

(3) 将数据作成控制图,检查过程的稳定性。如果有特殊原因存在,寻找特殊原因并消除其影响后,重新抽样。

(4) 检查数据的正态性。如果数据呈基本正态,继续下面的计算;如果数据不呈现正态分布,须将数据转换成正态,然后再继续下面的计算(同时,对顾客的规范要求也需要进行相同的转换)。

(5) 计算过程的平均值 \bar{X} 和标准偏差 S 。有时,也把这种基于短期数据计算出的标准偏差称为短期标准偏差(S_{st})。它是过程在现有的配置下所能达到的最好的标准偏差水平。

(6) 计算过程的 C_p 和 C_{pk} 值:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6S_{st}}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{X}}{3S_{st}}, \frac{\bar{X} - LSL}{3S_{st}} \right\}$$

式中

\bar{X} 表示数据的平均值；

USL 和 LSL 表示上规范极限(上公差)和下规范极限(下公差)。

(7) 评估 C_p 和 C_{pk} 值。

各公司对于可接受的过程的 C_p 和 C_{pk} 值有不同的规定。一般认为大于 1.67 是可接受的。有的公司也有要求大于 2.0 才是可接受的。如果未达到规定的要求,就需要改进该过程以提高其能力。

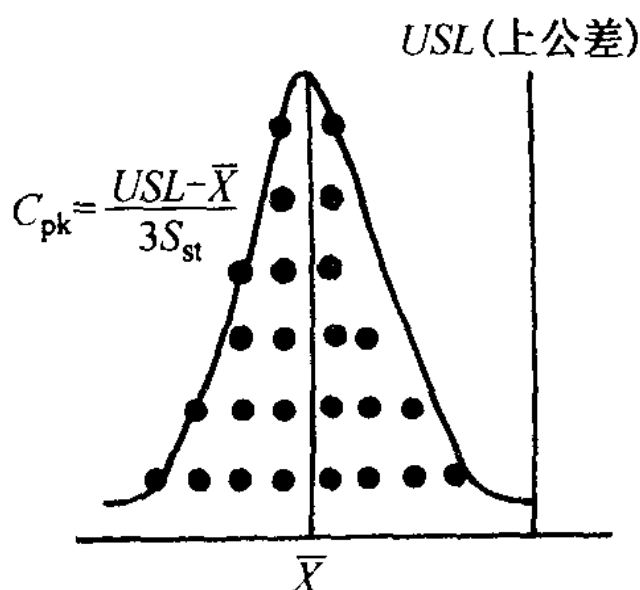


图 2.21 周期时间

如果过程的居中性很好(过程的平均值与过程的目标值相同),则 C_p 和 C_{pk} 相等。如果过程的居中性不好(过程的平均值与过程的目标值不同),那么 C_{pk} 小于 C_p 。偏离程度越大, C_{pk} 比 C_p 小得越多。

如果过程只有单边规范,如周期时间,客户要

求越短越好. 此时对应的周期时间只有上规范(上公差), 那么只能计算 C_{pk} (见图 2. 21).

2. 12. 3 如何计算 P_p 和 P_{pk}

(1) 定义要评估的输出变量(CTQ).

(2) 收集较长时间范围内的过程数据, 数据应包含过程所有可能的偏差. 一般而言, 抽样量要大于 100 个.

(3) 将数据作成控制图, 检查过程的稳定性. 如果有特殊原因存在, 那么用正态分布去估计的过程的表现水平, 可能会出现较大的误差.

(4) 检查数据的正态性. 如果数据呈基本正态, 继续下面的计算; 如果数据不呈正态分布, 须将数据转换成正态, 然后继续下面的计算(同时对顾客的规范要求也须进行相同的转换), 或者计算 σ (西格玛) 水平.

(5) 计算过程的平均值 \bar{X} 和标准偏差 S . 有时也把这种基于长期数据计算的标准偏差称为长期标准偏差(S_{lt}), 它是顾客能感受到的标准偏差的大小.

(6) 计算过程的 P_p 和 P_{pk} 值:

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6S_{lt}}$$

$$P_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{X}}{3S_{lt}}, \frac{\bar{X} - LSL}{3S_{lt}} \right\}$$

式中

\bar{X} 表示数据的平均值；

USL 和 LSL 表示上规范极限(上公差)和下规范极限(下公差)。

(7) 评估 P_p 和 P_{pk} 值。

各公司对于可接受的过程的 P_p 和 P_{pk} 值有不同的规定。一般认为大于 1.33 是可接受的。有的公司要求大于 1.67 才能接受。也有公司认为只要大于 1.00 就是可接受的。如果未达到规定的要求，就需要将 C_p 和 C_{pk} 比较后，采取不同的措施。

如果 C 类指数 (C_p 和 C_{pk}) 与 P 类指数 (P_p 和 P_{pk}) 差距很大，表示过程的控制有问题，需要加强过程控制。如使用控制图，并增加抽样频率，提高检测出特殊原因的能力。

如果 C 类指数 (C_p 和 C_{pk}) 与 P 类指数 (P_p 和 P_{pk}) 差距不大(有人认为差距小于 0.5 为不大)，那么，需要通过降低过程通常原因偏差的方法来提高 P_p 和 P_{pk} 值。

如果 P_p 与 P_{pk} 之间差距很大，那么过程的居中性差。

如果过程只有单边规范，如周期时间，客户要求越短越好，此时对于周期时间只有上规范(公

差),那么只能计算 P_{pk} .

2.12.4 如何计算 σ (西格玛)水平

(1) σ (西格玛)水平是过程的一种能力和表现指数.它的优点是:

- 可以用于连续及非连续数据.
- 可以对过程输出的多个变量进行综合考虑,进而得出过程的综合 σ (西格玛)水平.

σ (西格玛)水平是建立在过程的缺陷率水平上的指数,一定的缺陷率对应一定的 σ (西格玛)数.

表 2.4

DPMO	过程 σ 数
308 538	2
66 807	3
6 210	4
233	5
3.4	6
百万机会中的缺陷	过程能力

表 2.4 中的对应关系是基于长期能力和短期能力之间,有 1.5 个标准偏差的漂移的经验,假定推导出来的.虽然在大部分过程中,长期和短期的差异不等于 1.5 个标准偏差,但是,还是按照该假定来计算 σ (西格玛)数.同时要注意:表 2.4 中的

DPMO 是指过程的长期的而非短期的缺陷率。

DPMO 是指百万机会中的缺陷数。要计算 *DPMO*, 必须首先确定, 每个单位产品或服务中可能产生缺陷的机会数。

(2) 计算 σ (西格玛)水平的步骤:

- 选择要评估的输出(产品或服务), 并确定该过程输出的 CTQ(关键质量特性)。
- 确定在单位产品或服务中, 每个 CTQ 可能发生不符合顾客要求的次数, 即该 CTQ 的缺陷发生的机会数, 然后得出单位产品或服务中的总机会数。
- 抽样检查一定量的产品或服务, 计算在那些产品/服务中有多少实际缺陷。注意: 抽样量要足够反映过程中所有偏差的影响。
- 计算 *DPMO*:

$$DPMO = \frac{\text{在被检查样品上发现的总缺陷数}}{\text{样品数} \times \text{每个样品缺陷的总机会数}} \times 1\,000\,000$$

- 查表得到 σ 数。

注意: 也可以对每一个 CTQ 计算 σ 数。只要计算该 CTQ 的 *DPMO*, 查表即可得到对应该 CTQ 的 σ 数。

表 2.5 σ 数和 *DPMO* 的关系

σ 数	<i>DPMO</i>	σ 数	<i>DPMO</i>	σ 数	<i>DPMO</i>
0.1	919 243	2.1	274 253	4.1	4 661
0.2	903 199	2.2	241 964	4.2	3 467
0.3	884 930	2.3	211 855	4.3	2 555
0.4	864 334	2.4	184 060	4.4	1 866
0.5	841 345	2.5	158 655	4.5	1 350
0.6	815 940	2.6	135 666	4.6	968
0.7	788 145	2.7	115 070	4.7	687
0.8	758 036	2.8	96 801	4.8	483
0.9	725 747	2.9	80 757	4.9	337
1.0	691 462	3.0	66 807	5.0	233
1.1	655 422	3.1	54 799	5.1	159
1.2	617 911	3.2	44 565	5.2	108
1.3	579 260	3.3	35 930	5.3	72
1.4	539 828	3.4	28 716	5.4	48
1.5	500 000	3.5	22 750	5.5	32
1.6	460 172	3.6	17 864	5.6	21
1.7	420 740	3.7	13 903	5.7	13
1.8	382 089	3.8	10 724	5.8	8.5
1.9	344 578	3.9	8 198	5.9	5.4
2.0	308 538	4.0	6 210	6.0	3.4

2.12.5 过程能力和表现指数注意点

- σ 数计算是基于长期的数据,计算出 $DPMO$ 后,再转化为 σ 数. 如果你采集的数据是短期的数据,按短期的数据得到的 $DPMO$,不能按以上表格直接查表得到 σ 数. 应将表 2.5 的 σ 数一列减去 1.5 得到一张新的表格,然后按短期 $DPMO$ 查得 σ 数.
- 所谓的短期是指过程在公认的最好的运行状态下较短的时期. 所以也把短期能力叫过程的潜能.
- 单个连续数据的 CTQ 的 σ 数和 P_{pk} 值的大致关系如下:

$$\sigma \text{ 数} = P_{pk} \times 3 + 1.5$$

- 在某些行业中,如汽车工业中,过程的短期能力用 P_p 和 P_{pk} 表达,而过程的长期表现用 C_p 和 C_{pk} 表达. 这和本书及六西格玛的定义刚好相反. 在谈论这些指标时,应先搞清楚行业或公司的习惯用法和指标的定义.
- 在进行过程能力和表现分析之前,应对相关的测量系统进行校验和重复性/复现性分析,以确保测量系统的有效性.

第 3 章 分析

分析阶段是六西格玛项目的第三步。在这一步，团队的目标最主要有以下两点：

- 了解影响输出结果的关键原因。
- 了解关键原因的影响程度有多大。

通过对测量阶段收集的数据进行系统的分析，可以确认，哪些输入变量 $X(s)$ 对输出结果 Y 有显著的影响，并可以把输入变量或过程变量和 CTQ 的关系表达为函数关系：

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

这为改进阶段提供了改进的方向和依据。

分析部分常用的工具有以下几种：

- 鱼刺图（见测量部分）。
- 散点图。
- 亲合图（见定义部分）。
- 树状图（见测量部分）。
- 频率图（见测量部分）。
- 分层次的频率图。

- 假设检验.
- 回归分析.
- FMEA.
- 试验设计.
- 多变量分析.

3.1 散点图

3.1.1 散点图是什么

它是一种将两个连续变量之间的相互关系,用图形的形式表现出来的图形工具.它是回归分析的基础.

3.1.2 为什么使用散点图

散点图用于检测被研究的两组连续变量之间是否存在相关性.

3.1.3 如何生成散点图

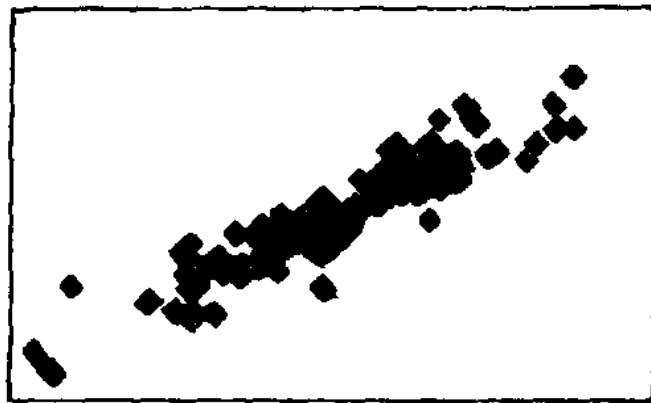
- 收集有关两组可能相关的变量变化的成对数据.
- 判断两变量中的哪个是自变量,哪个是因变量.

- 以自变量为 X 轴, 因变量为 Y 轴, 建立坐标轴.
- 一一对应, 在坐标轴系中标出对应的点.

3.1.4 散点图的不同类型

(1) 正相关——当自变量 X 变大时, 因变量 Y 随之变大(见图 3.1).

强烈正相关



弱正相关

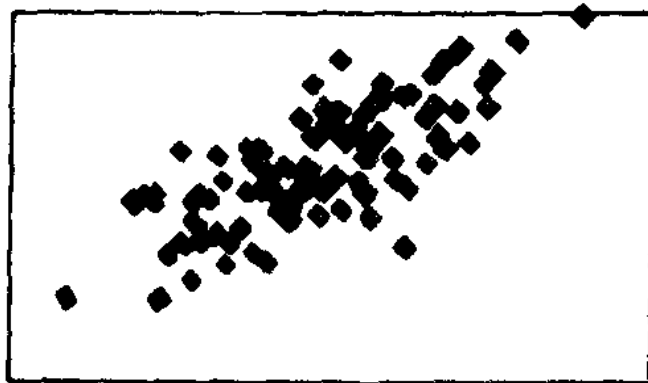


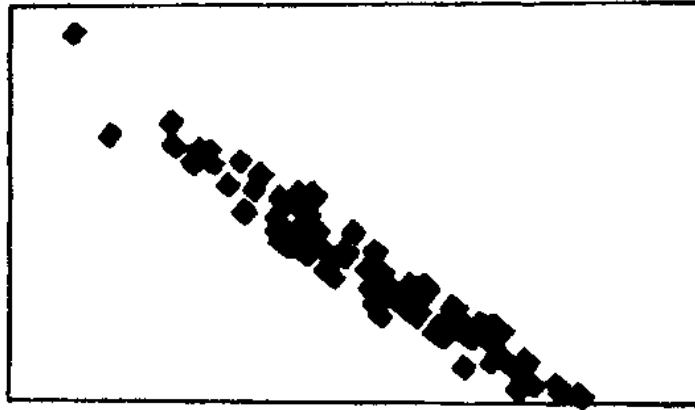
图 3.1

比如, 工作时间的长短与人的疲劳程度之间的关系: 工作时间越长, 疲劳程度越高.

(2) 负相关——当自变量 X 变大时, 因变量 Y

反而变小(见图 3.2).

强烈负相关



弱负相关

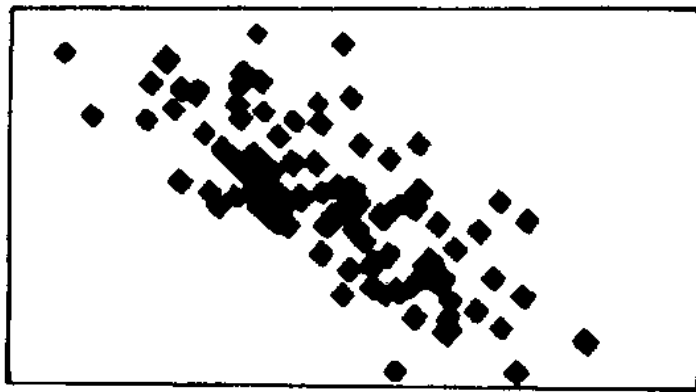


图 3.2

比如,人的年龄与记忆保留时间之间的关系.年龄越大,记忆的保留时间越短.

(3) 无相关性——因变量 Y 不随自变量 X 的变化而变化(见图 3.3).

比如,风力的大小与国家经济水平之间的关系.不管富国穷国,都有可能刮大风.

(4) 非线性相关——因变量 Y 随自变量 X 的变化而呈现非线性变化(见图 3.4).

比如,有机胶的粘合力与使用温度的关系.在

无相关性



图 3.3

非线性相关



图 3.4

一定范围内,温度越高,粘合力越大.但超过临界温度后,温度越高,粘合力越小.

3.1.5 散点图注意点

相关性不等于因果关系,相关性表示两个变量同时变化,而因果关系表示一变量导致另一变量的变化.当找到可能的关系后,进一步确认它是否是因果关系,并用回归分析法来进行量化.

3.2 分层频率图

3.2.1 分层频率图是什么

在测量阶段收集有关输出变量 Y 的数据的同时,有意识地收集有关输入变量 X 的信息.在分析数据时,除了笼统地作出所有 Y 的分布频率图之外,还须将输出变量按照不同种类细分,并作出对应的分布频率图.其目的是为了找出潜在的原因及下一步的研究方向.

划分种类的方法很多,比如,产品、区域、人员、部门、型号、客户、缺陷种类,等等.

3.2.2 为什么使用分层频率图

如果想要从复杂的情况中理出头绪,从众多的数据中找出潜在的、最根本的影响因素,唯一的方法是将情况细分、细分、再细分,直至最终找出根本原因.有时,还需要进行试验设计,创造条件.

3.2.3 如何生成分层频率图

案例:

所研究的输出变量 Y :从客户下单到客户收货

所需要的交货周期(天)的长短.

根据 2.3 鱼刺图的讨论结果,客户所在地区的不同,可能是导致交货期不同的潜在原因.因此,在收集交货周期数据的同时也记录了地区的来源.

输入变量 X:不同地区的客户(地区 A 及地区 B).

- 所有 Y 的分布频率图(图 3.5):从该分布频率图中可以得出的结论是:交货周期长,波动大,而对于针对下一步的行动方向,则没有提供太多的信息.

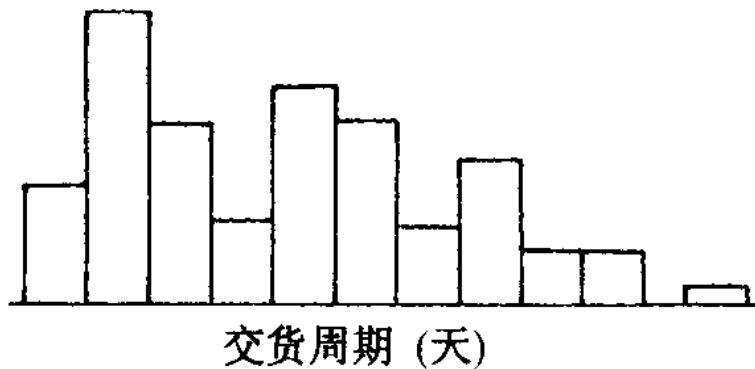


图 3.5 总的交货周期图

- 按地区分层的分布频率图(图 3.6):将交货周期的数据根据地区分成地区 A 及地区 B 两组,并对两组数据分别绘制频率图.此即分层次的频率图.

从频率的分层图中可以看出:总的来说,地区 A 的客户所面对的交货周期要比地区 B 的客户所面对的时间短.为了提高整个公司在交货周期方面

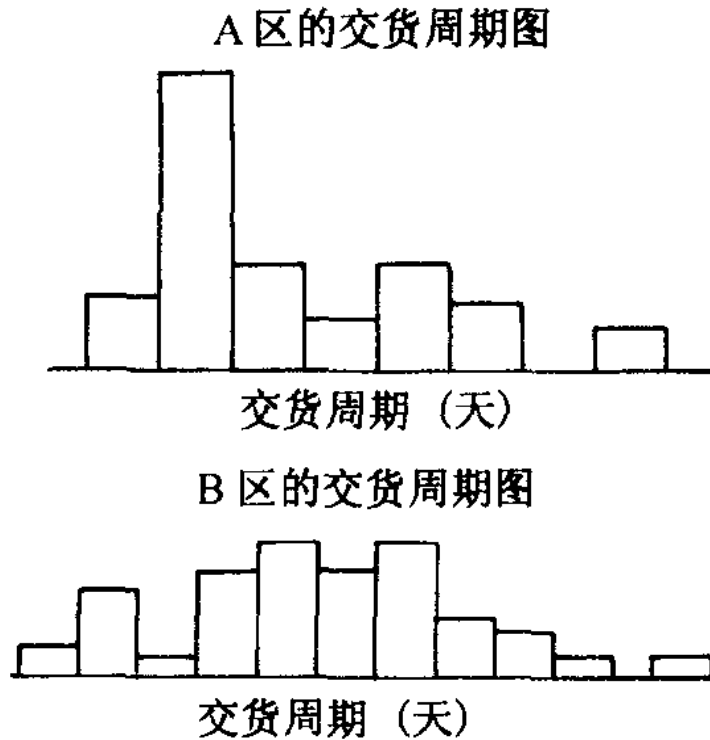


图 3.6

的表现水平,应缩短平均时间,或减少交货周期的波动性.根据分层频率图中得出的信息,下一步可以研究地区A和B之间存在着哪些差别,这些差别导致了交货周期的不同,是距离?设备?工作流程,还是人员的工作水平?当找到了可能的原因后,可以用假设检验或试验设计进行验证.

3.3 假设检验

3.3.1 假设检验是什么

假设检验是用于分析两组或多组之间是否存

在差异的一种统计工具。

由于偏差的存在,没有任何两个结果会是完全相同的.那么,为了改进及控制的需要,必须了解这些差别究竟是由通常原因造成的,还是由特殊原因造成的.

3.3.2 何时使用假设检验

- 需要将由于特殊原因所造成的偏差与由于通常原因所造成的偏差区分开来时.
- 需要根据从样品中得出的数据,来作有关总体的结论时.

3.3.3 检验的构成

H_0 :原假设.组与组之间不存在差别.比如,两个采购员的工作效率之间没有显著的不同.

H_a :备择假设.组与组之间存在差别.比如,两个采购员的工作效率之间有显著的不同.

当所得出的结论与真实情况之间出现不一致时,即出现了错误.假设检验中有两种可能出现的错误:第一类错误(α)及第二类错误(β).

以司法系统所作出的法律判决为例,共有以下几种可能的情况发生,如图 3.7 所示.

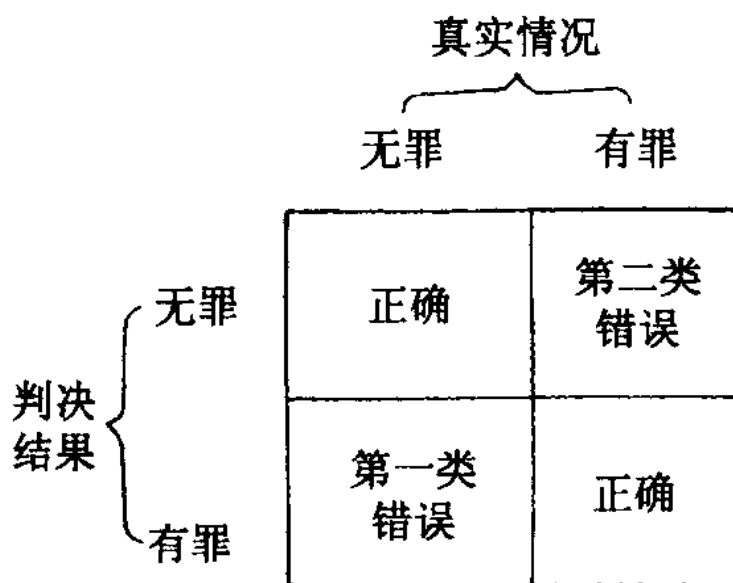


图 3.7

- 第一类错误:当真实情况是组与组之间没有显著差别时,得出的结论是组与组是不同的.
- 第二类错误:当真实情况是组与组之间有显著差别时,没有拒绝原假设,而接受组与组是相同的.
- P 值:犯第一类错误的可能性.
如果 $P < 0.05$,拒绝 H_0 ,接受 H_a .
如果 $P > 0.05$,拒绝 H_a ,接受 H_0 .

3.3.4 如何生成假设检验

案例:设备供应商声称:使用他们提供的新设备能提高公司的材料利用率.

(1) 确定所要研究的问题(输入变量 X 及输出

变量 Y)。

输出变量 Y : 材料利用率;

输入变量 X : 新设备及老设备。

(2) 判断 X 及 Y 的数据类型。

输出变量 Y : 材料利用率——连续数据;

输入变量 X : 设备种类——离散数据。

(3) 收集相关的数据。

收集使用新设备对应的材料利用率数据, 以及在同等情况下, 使用老设备时, 对应的材料利用率数据。

(4) 选择合适的分析工具。

比较新老设备对应材料利用率数的平均值。选择 2-样本 t 检验。以 μ_1 表示使用老设备时, 对应的材料利用率; 以 μ_2 表示使用新设备时, 对应的材料利用率。

$H_0: \mu_1 = \mu_2$;

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ 。

(5) 分析数据并诠释结果。

通过计算, 得出 P 值为 0.07, $P > 0.05$, 不能拒绝 H_0 。即 $\mu_1 = \mu_2$ 。

(6) 得出结论, 用通俗的语言表达出来。

虽然设备供应商声称使用他们提供的新设备能提高公司的材料利用率, 但是, 没有证据说明新

设备能显著提高材料利用率. 因为两者之间的差别在统计上不显著, 不能在 0.05 的显著性水平下排除使用两种设备时, 材料利用率一致的假设.

可能的解释如下:

- 两种设备之间无差别.
- 两种设备之间有差别, 但样品数太少, 不能检测出差别的存在.

3.3.5 检验的类型

表 3.1

数据类型	比较内容	工具
连续数据	一组数据的平均值与目标值相比较	1-样本 t
	两组数据的平均值相比较	2-样本 t
	两组成对数据的平均值相比较	成对 t
	两组以上数据的平均值相比较	ANOVA
	多组数据的偏差相比较	HOV
离散数据	多组数据的比例相比较	卡方检验

(1) 1-样本 t :

比较一组连续数据的平均值与目标值之间的差异.

$$H_0: \mu = T;$$

$$H_a: \mu \neq T.$$

比如,新工艺制造出的产品平均寿命是否与客户的要求值相符.

(2) 2-样本 t :

比较两组连续数据的平均值之间的差异.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2;$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2.$$

比如,新老两种产品的平均寿命之间是否存在差异.

(3) 成对 t :

当两组连续数据来自同一数据源时,比较两组数据的平均值之间的差异.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2;$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2.$$

比如,相同的部门,实行两种不同的工作方法,工作效率的平均值之间是否有差异.

(4) ANOVA:

比较两组或两组以上连续数据平均值之间的差异(通过比较组内偏差与组间偏差的大小).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n;$$

H_a :至少有一组的平均值与其他组的不同.

比如,4种不同产品的平均寿命之间是否存在差异.

(5) HOV:

比较两组或两组以上连续数据偏差值之间的差异.

$$H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \cdots = \sigma_n;$$

H_a : 至少有一组的偏差值与其他组的不同.

比如, 4 种不同工艺方法生产出的产品的偏差大小是否存在差异.

(6) 卡方检验:

比较两组或两组以上离散数据比率值之间的差异.

$$H_0: p_1 = p_2 = \cdots = p_n;$$

H_a : 至少有一组的比率值与其他组的不同.

比如, 不同区域的订单满足程度之间是否存在差异.

3.3.6 假设检验的前提条件

- 连续数据呈现正态分布(如果数据为非正态分布, 则需要进行数据转换, 将非正态数据转换成正态数据).
- 数据来自稳定的数据源.
- 数据之间彼此独立.
- 数据具有代表性.

3.4 回归分析

3.4.1 回归分析是什么

回归分析量化自变量 $X(s)$ 与因变量 (Y) 之间的相互关系。

在改进阶段,着重寻找因变量 (Y) 与自变量 (X) 的定量关系,掌握内在的关联,为改进阶段提供依据。

3.4.2 为什么使用回归分析

通过量化自变量 $X(s)$ 与因变量 (Y) 之间的相互关系,可以做到以下几方面的工作:

(1) 预测——在给定输入(自变量 X)的条件下,预测相应的输出(因变量 Y)值。

比如,如果得出的方程式是:

$$\text{合格率 } Y(\%) = 2 \times T(\text{环境温度}) + 6$$

那么可以预测,如果环境温度为 23°C 时,合格率 Y 可以达到 52% 。

(2) 控制——如果输入(自变量 X)是可控的,则可通过调整输入(自变量 X)的大小来获得(避免)理想(不理想)的输出(因变量 Y)结果。

比如：客服中心得出以下方程式：

客户等候时间 $T = -3.5 \times \text{工作人员数目} - 7.2$

如果客户能接受的等候时间最长不能超过1min,那么客服中心必须至少安排两位接话员,以保证客户的满意度.

3.4.3 如何生成回归分析

(1) 收集有关可能相关的变量变化的成对数据.

(2) 熟悉数据:

如有可能,尽量将数据转换成图形.

识别输入变量、输出变量及其对应的数据类型.

(3) 选择方程的类型并判断方程的合适性:

- 残差(见 3.4.6).
- R^2 (R 平方值), $R^2\text{-adj}$ (R 平方调整值).
- VIF(如果输入变量数目大于1时).
- P 值.

(4) 总结最终的方程,得出结论.

3.4.4 回归分析的类型

(1) 一元线性回归(见图 3.8).

数据条件: X, Y 均为连续数据.

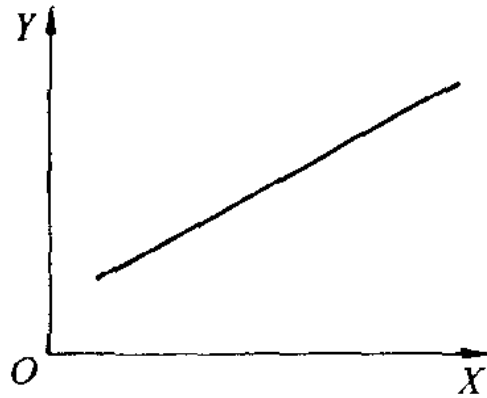


图 3.8

方程 $Y = b_0 + b_1 X_1$

式中

b_0 表示截距 (X 为 0 时的 Y 值);

b_1 表示斜率 (自变量 X 每变化一单位时, 对应因变量 Y 值的变化值).

(2) 多元线性回归 (见图 3.9).

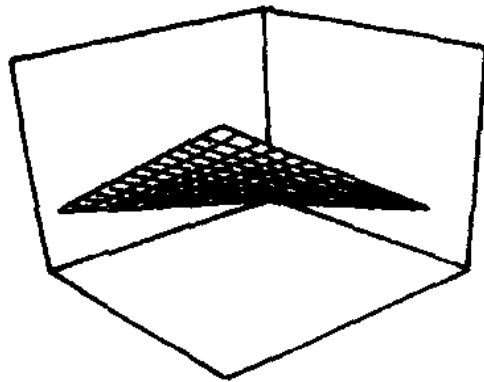


图 3.9

数据条件: X, Y 均为连续数据.

方程 $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$

式中

b_0 表示截距 (X 为 0 时的 Y 值);

b_n 表示斜率(自变量 X_n 每变化一单位时, 对应因变量 Y 值的变化值).

(3) 一元非线性回归(见图 3.10).

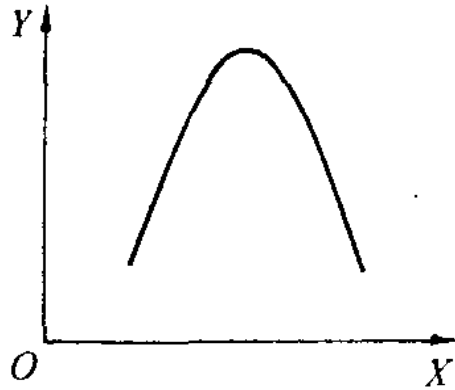


图 3.10

数据条件: X, Y 均为连续数据.

方程 $Y = b_0 + b_1 X_{1n} (n > 1)$

式中

b_0 表示截距(X 为 0 时的 Y 值);

b_1 表示斜率.

(4) 多元非线性回归(见图 3.11).

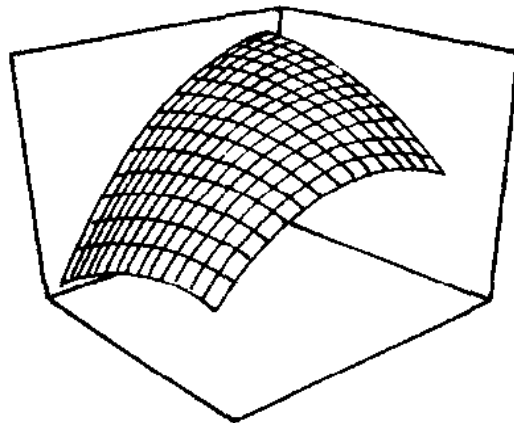


图 3.11

(5) 分层的线性回归(见图 3.12).

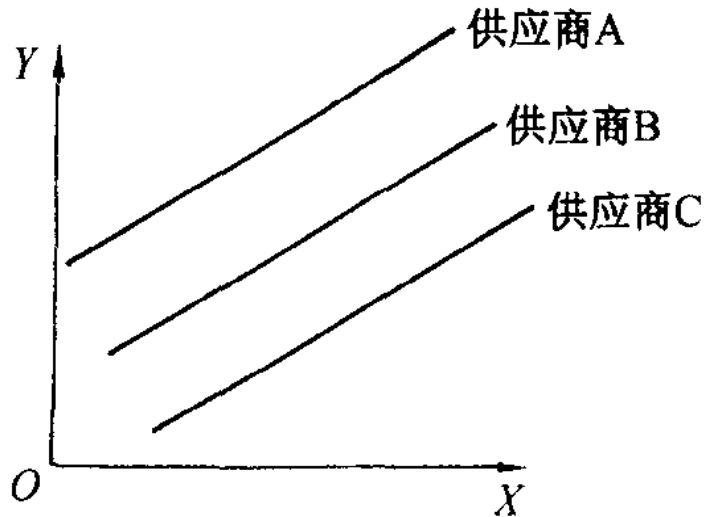


图 3.12

数据条件: X 为离散数据, Y 为连续数据.

$$\text{方程 } Y_0 = b_0 + b_1 X_1$$

$$Y_1 = b_0 + b_1 X_1 + Z_1$$

$$Y_2 = b_0 + b_1 X_1 + Z_2$$

式中

b_0 表示截距(X 为 0 时的 Y 值);

b_1 表示斜率(自变量 X_n 每变化一单位时, 对应因变量 Y 值的变化值).

(6) 离散型 Y 的回归(见图 3.13).

数据条件: X, Y 均为离散数据.

$$\text{方程 } \text{Logit}Y = b_0 + b_1 X_1 + \cdots + b_n X_n$$

式中

b_0 表示截距(X 为 0 时的 Y 值);

b_n 表示斜率(自变量 X_n 每变化一单位时, 对应

因变量 Y 值的变化值)。

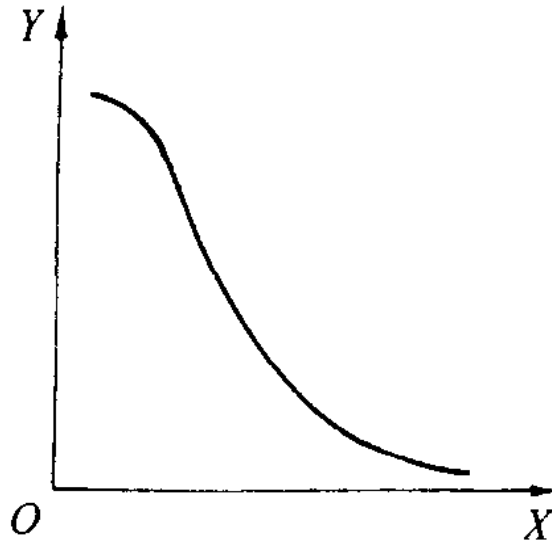


图 3.13

3.4.5 回归分析的名词术语

- 拟合线又称拟合方程、回归线，

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

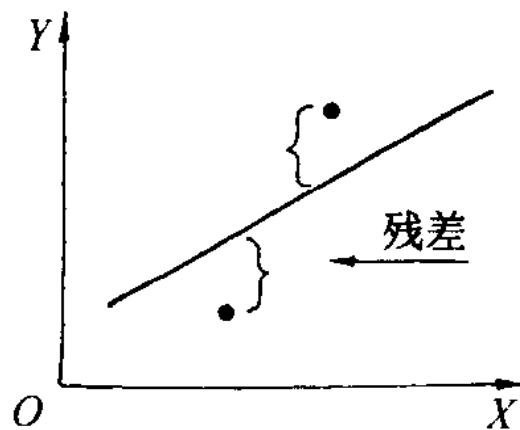


图 3.14

- 观察值 Y_{obs} 又称真实值。
- 拟合值 Y_{exp} 又称期待值、预测值。
- 残差 $Residual = Y_{obs} - Y_{exp}$ 。

- r : 相关系数.
数值范围 $(-1, 1)$;
 $r = -1$ 时, 强烈负相关;
 $r = 0$ 时, 无相关关系;
 $r = 1$ 时, 强烈正相关.
- R 平方: $R^2 = r$ 的平方.
数值范围内 $(0, 1)$.
- R 平方调整值: $R^2\text{-adj}$.
数值范围内 $(0, 1)$.

3.4.6 如何得出回归分析

在 Y 与 X 的散点图中可以画出无数条直线, 那么, 哪一条线能够最好地描述所有的点呢?

采用最小二乘法:

散点图中所有的点到某一直线的纵向距离的平方和最小. 该直线便是最佳拟合线.

3.4.7 回归分析的前提条件

回归分析成立的假设是基于残差, 而不是原始数据.

残差必须符合以下条件:

(1) 不随 $X(s)$ 值的变化而变化(见图 3.15).

在用残差 r 与 $X(s)$ 所作的图中, 没有任何非随

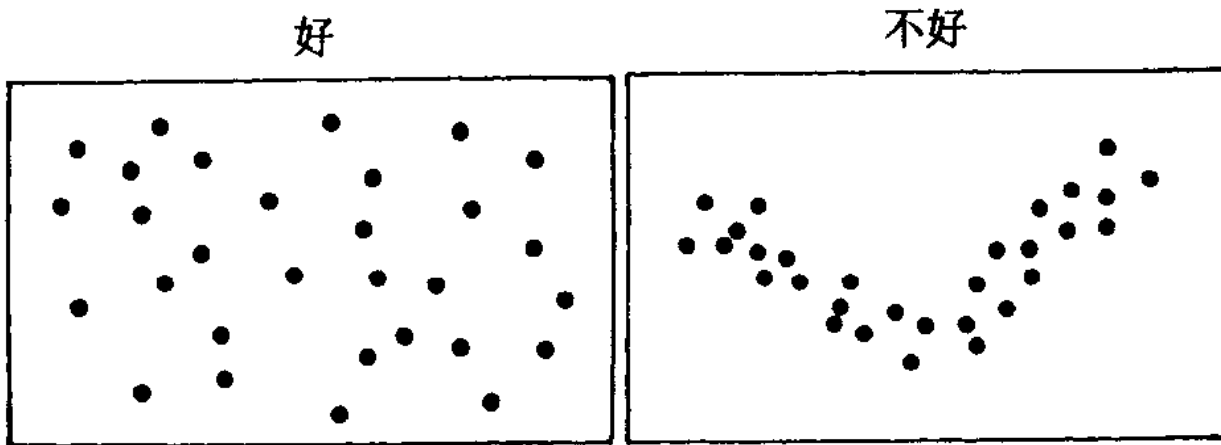


图 3.17

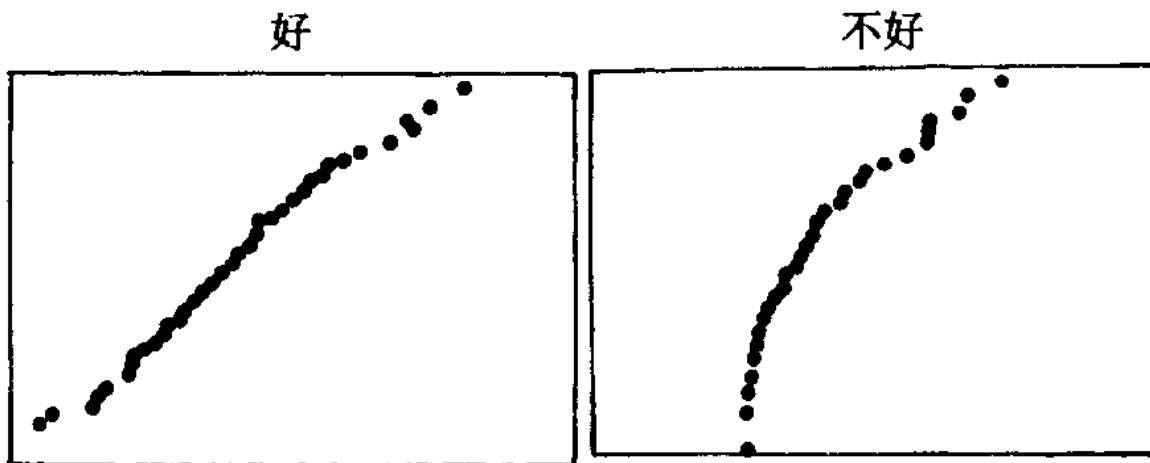


图 3.18

3.5 FMEA

3.5.1 FMEA 是什么

FMEA(失效模式及效果分析)是一种通过分析各种过程中,有关的过程元素可能产生的失效模式,分析产生的原因,发生的可能性,评估其造成影响的可检测性以及严重程度.对以上进行综合考评

后,由相关负责部门或个人提出整改措施,这是一种预防在先的方法.具体内容如图 3.19 所示.

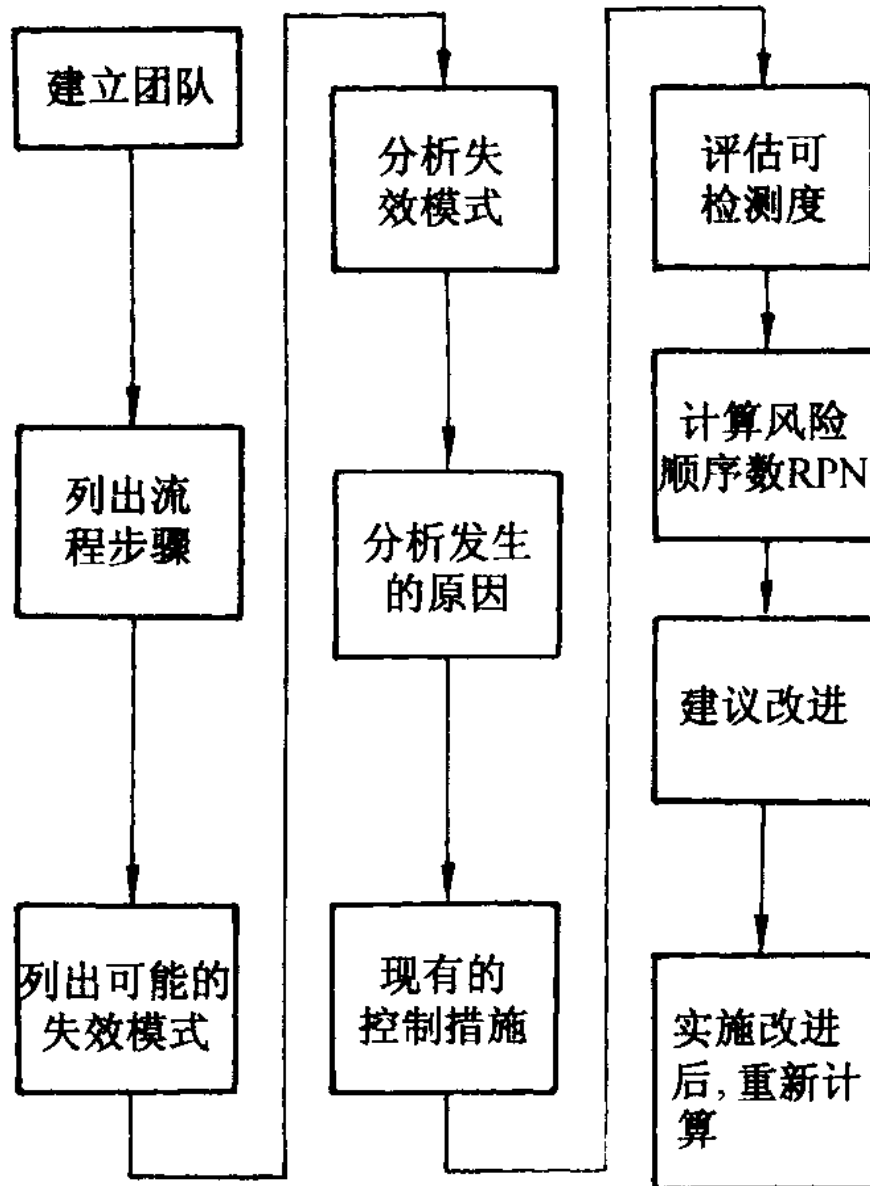


图 3.19

3.5.2 为什么使用 FMEA

通过采取事先预防的措施,而不是事后矫正,这样可降低产品/系统设计及流程实施中的风险,避免或减少损失

3.5.3 如何生成 FMEA

(1) 建立团队.

组建合适的团队是成功实施 FMEA 的前提,由于流程或产品/系统设计涉及不同的职能部门,要识别各种可能的失效模式,评估其影响程度及采取改进措施等,所以需要各类人员的参与.

(2) 估计失效模式.

团队采用头脑风暴法,得出流程可能出现的失效模式.

(3) 评估失效模式造成影响的严重程度.

通常采用 1~10 分制法,程度最严重的情况打 10 分,例如,危害生命安全的情况.没有什么影响的情况打 1 分(见表 3.2).

有时也建议用 1、3、9 分制,从而拉大分值与分值之间的差距.

表 3.2

等级	标准:故障可能导致……
10	伤害客户或雇员
9	违法
8	提供的产品或服务不适用
7	导致客户极端不满
6	导致部分故障

(续表)

等级	标准:故障可能导致……
5	导致性能丧失,可能产生客户的投诉
4	导致较小的性能损失
3	引起小麻烦,但可克服,不会造成损失
2	不显著,但对性能有轻微影响
1	不显著且对性能无影响

(4) 分析失效产生的原因.

尽可能多地列举造成每一种潜在失效模式的原因,比如,设备维护不当,检修不及时,零件漏装,等等.

(5) 评估每种原因发生的概率,分成 10 个等级. 10 分代表必然发生,1 分代表几乎不发生(见表 3.3).

表 3.3

等级	时间周期	可能性
10	每天 1 次以上	>30
9	每 3~4 天 1 次	$\leq 30\%$
8	每周 1 次	$\leq 5\%$
7	每月 1 次	$\leq 1\%$
6	每 3 个月 1 次	$\leq 0.03\%$
5	每 6 个月 1 次	\leq 万分之一
4	每年 1 次	\leq 十万分之六
3	每 1~3 年 1 次	\leq 百万分之六
2	每 3~6 年 1 次	\leq 千万分之三
1	每 6~100 年 1 次	\leq 十亿分之二

(6) 描述现行的控制措施.

(7) 评估在现有的控制手段下的检测度. 分成 10 个等级. 10 分为几乎检测不到, 1 分为几乎肯定能检测到(见表 3.4).

表 3.4

等级	定义
10	故障所导致的缺陷不可检测
9	偶尔检查单元是否有缺陷
8	对所有单元系统性地抽样并加以检验
7	人工检验所有的单元
6	人工检验并进行防错修改
5	监控(SPC)过程并人工检验过程
4	使用 SPC 并对失控情况立即作出反应
3	使用上述 SPC 的同时, 对失控情况进行 100% 检验
2	自动检验所有的单元
1	缺陷很明显, 但可以预防而不影响客户

(8) 计算风险顺序数 RPN .

$$RPN = \text{严重性} \times \text{发生频率} \times \text{可检测度}$$

RPN 数值或严重性分值较大的, 应首先提出改进措施, 以降低失效风险.

(9) 提出改进措施并实施.

(10) 重新计算 RPN 值.

注意:FMEA 是一种不断随流程改变而改变的文件,应及时更新及存档.设计 FMEA 到产品开始正式生产时停止使用,取而代之的是过程 FMEA.只要是该产品仍然在生产,过程 FMEA 就将一直使用、更新、存在.

3.6 试验设计

3.6.1 试验设计是什么

试验设计是通过科学合理地安排试验,从众多的试验因子中找出对结果产生显著影响的因子.

3.6.2 为什么使用试验设计

通过最少的试验次数,获得最多的信息,并通过统计方法对获得的信息进行分析处理,从而得出关键影响因子及影响程度.

3.6.3 何时使用试验设计

- 根据已有的数据,无法得出下一步的改进方向.
- 需要确定输入因子 $X(s)$ 是否对输出结果 Y 有影响.

- 需要了解输入因子 $X(s)$ 对输出结果 Y 的影响有多大.
- 需要了解如何确定输入因子 $X(s)$ 的数值, 从而获得理想的输出结果 Y , 或使得输出结果 Y 的波动性最小.

3.6.4 试验设计如何产生

案例:

某公司想了解究竟是何因素影响客户继续购买该公司的产品. 对现有的数据作分析后, 得不出明显的答案. 于是, 项目小组决定安排试验.

(1) 了解所需改进的输出结果 Y 及持续购买时间 T (年).

(2) 参考历史数据及相关的文献.

(3) 选择所需研究的影响因子 $X(s)$, 以及与之对应的因子水平.

小组将涉及这次试验研究的变量设定为:

地区: A 和 B ;

产品类型: 传统型和改良型;

销售员: 经验丰富的销售员及新销售员.

因此, 这次试验的因子数为 3, 每个因子的水平为 2.

(4) 试验设计的选择.

项目小组决定采用全因子设计方案,且每次试验重复2次.从而通过这次试验,对所有的可能性有了全方面的了解.

所需的试验次数: $2^3 \times 2 = 16$

试验安排如表3.5所列.

表 3.5

地区	销售员	产品
A	新销售员	改良型
B	新销售员	传统型
A	新销售员	改良型
A	新销售员	传统型
B	新销售员	传统型
A	经验丰富者	改良型
A	经验丰富者	改良型
B	新销售员	改良型
B	经验丰富者	传统型
A	经验丰富者	传统型
B	经验丰富者	改良型
A	新销售员	传统型
B	新销售员	改良型
B	经验丰富者	传统型
B	经验丰富者	改良型

(5) 实施试验.

在实施试验及收集数据的过程中, 试验者应尽可能地使外部环境保持稳定. 尽量避免测量或研究因子以外的其他因素来影响试验结果.

(6) 分析数据.

利用回归分析等统计工具, 对试验数据进行有效的分析.

(7) 诠释统计分析的结果, 以简单明了的语言说明试验得出的结论及下一步的方向.

(8) 在正式提交试验结果之前, 必须先确认试验, 以防由于其他因素的影响而使结果缺失再现性.

(9) 如试验结果与期待的结果相符, 则提交结果, 并转交他人. 如有需要, 则采取一系列的保证措施(比如, 文档资料, 标准操作指导说明, 控制与定期检查, 等等).

3.6.5 试验的分类

注意: 以下只考虑因子水平数为 2 的情况, 通常分别以 + 表示高水平, - 表示低水平.

(1) 全因子试验.

优点: 信息全面, 包含所有的因子及交互作用的排列组合.

缺点: 试验次数多, 耗时长, 需要的投入较高.

(2) 部分因子试验.

通过刻意地挑选全因子试验中的一部分, 使得到的信息最大化.

优点: 节省时间与资源(人力、财力、物力).

缺点: 部分信息相互混淆, 分辨不清.(混淆: 几种因子对结果的影响难以区分. 例如, A 与 BC 混淆, 表示结果 Y 的变化中, 多少是由于 A 造成的, 多少是由于 BC 造成的, 多少是由于 A 与 BC 的共同作用造成的, 不能区分.)

(3) 筛选试验.

这是部分因子试验的一种, 通过舍弃所有潜在的交互作用的影响, 从而使得所需试验的次数大大减少.

优点: 节省时间与资源(人力、财力、物力).

缺点: 所有的交互作用均未进行考查.

3.6.6 试验设计的名词术语

(1) 重复.

同样的试验条件重复两次或两次以上.

目的:

- 测量由于通常原因造成的波动大小.
- 通过比较, 了解输出结果之间的差异究竟是

由于因子的变化造成的,还是由于通常原因导致的.

(2) 随机.

试验的前后次序安排完全随机,没有任何规律可言.

目的:

- 中和潜伏因子对输出结果的影响.
- 避免把潜伏因子的作用错误地归结为被研究的因子.

(3) 主效应.

这是指任一因子,从低水平变化至高水平时,输出结果 Y 的平均变化值.

计算公式:

A 主效应 = (A 处于高水平时输出结果的平均值) - (A 处于低水平时输出结果的平均值)

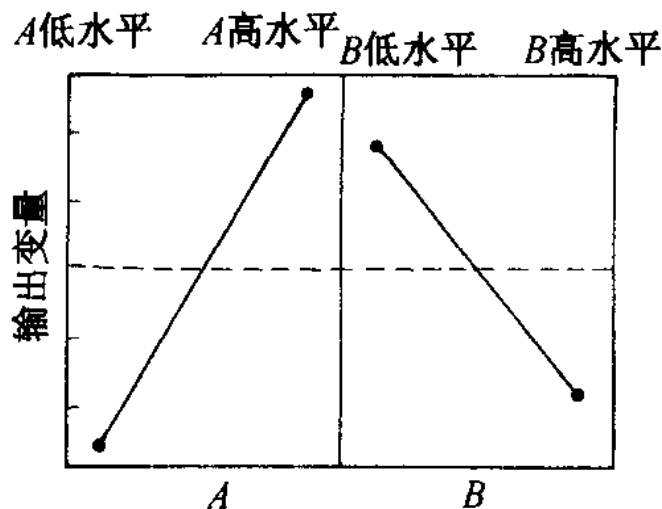


图 3.20 主效应图

图 3.20 为主效应图.

当因子 A 从低水平变成高水平时,输出结果 Y 变大.当因子 B 从低水平变成高水平时,输出结果 Y 变小.

(4) 交互作用效应.

这是指一种因子处于不同水平时,对输出结果影响的大小,随另一因子水平的高低不同而不同.

计算公式:

AB 交互作用效应 = $[(B \text{ 处于高水平时 } A \text{ 的效应}) - (B \text{ 处于低水平时 } A \text{ 的效应})] / 2$

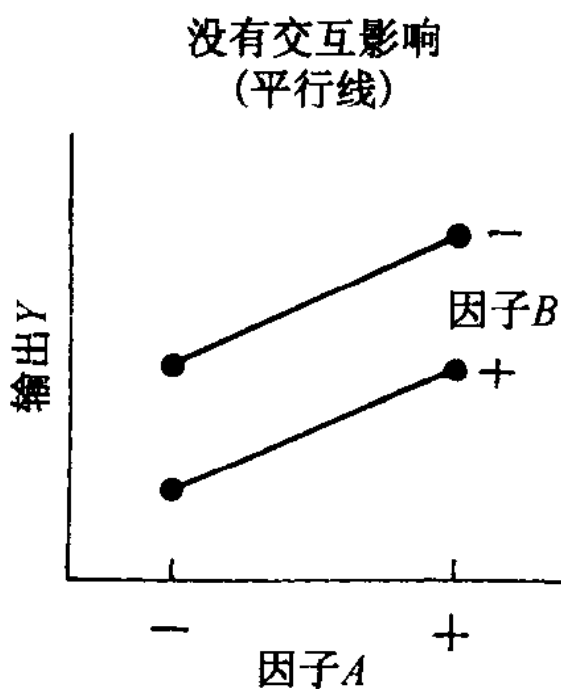


图 3.21

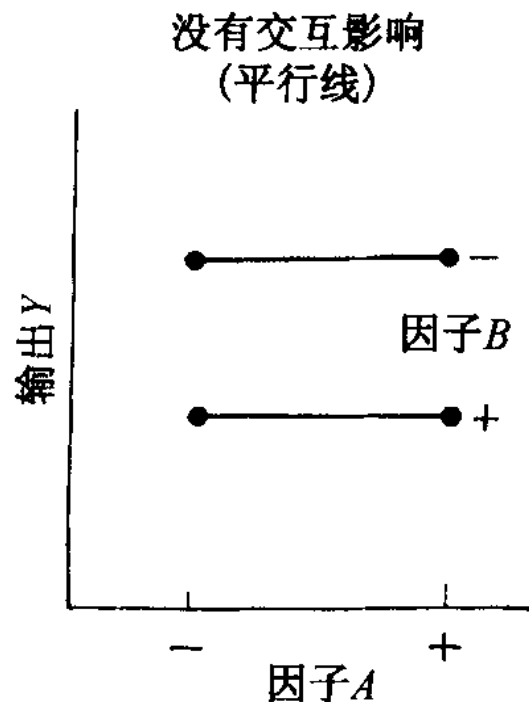


图 3.22

当两线平行时, AB 无交互作用(见图 3.21 和图 3.22).当两线不平行时, AB 存在交互作用,说明 A 因子对输出结果 Y 的影响受 B 因子不同水平

的制约(见图 3.23、图 3.24 和图 3.25).

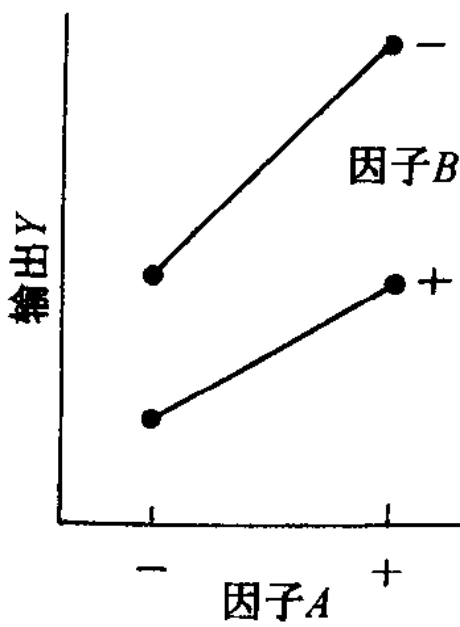


图 3.23

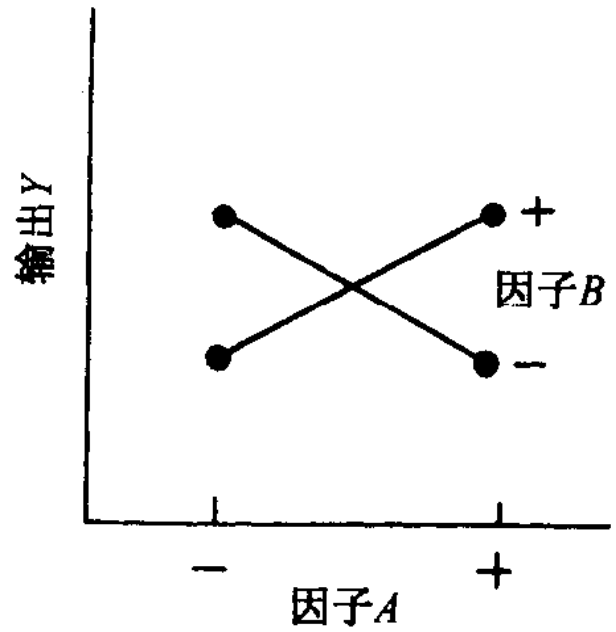


图 3.24

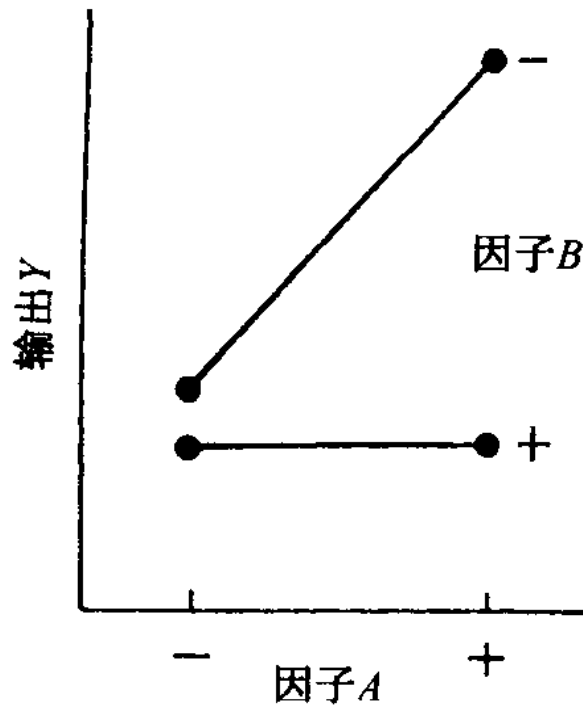


图 3.25

3.6.7 分析结果

在试验设计的结果分析中,所有的假设都是针对残差而言,而不是针对原始数据的.

(1) 工具:

- 残差-时间图.
用于检查残差的稳定性.
图中应该没有任何非随机特征.
- 残差- $X(s)$ 图.
用于检查残差的独立性.
图中应该没有任何非随机特征.
- 残差-拟合值 Y 图.
用于检查残差的稳定性.
图中应该没有任何非随机特征.
- 残差的分布图.
用于检查残差的正态性.
图中应呈现直线.

(2) 判断工具:

这是判定效应(主效应或是交互作用效应)是否显著的方法.

- 各种效应的帕累托图.
超出 $\alpha(0.05)$ 线的效应为显著效应.
- P 值:

$P < 0.05$ 时, 对应的效应为显著效应.

- 正态分布.

距离直线较远的效应为显著效应.

注意: 以上三种方法得出的结论是一致的.

最后得到结论.

3.7 多变量分析

3.7.1 多变量分析是什么

多变量分析是一种用于显示及分析多变量数

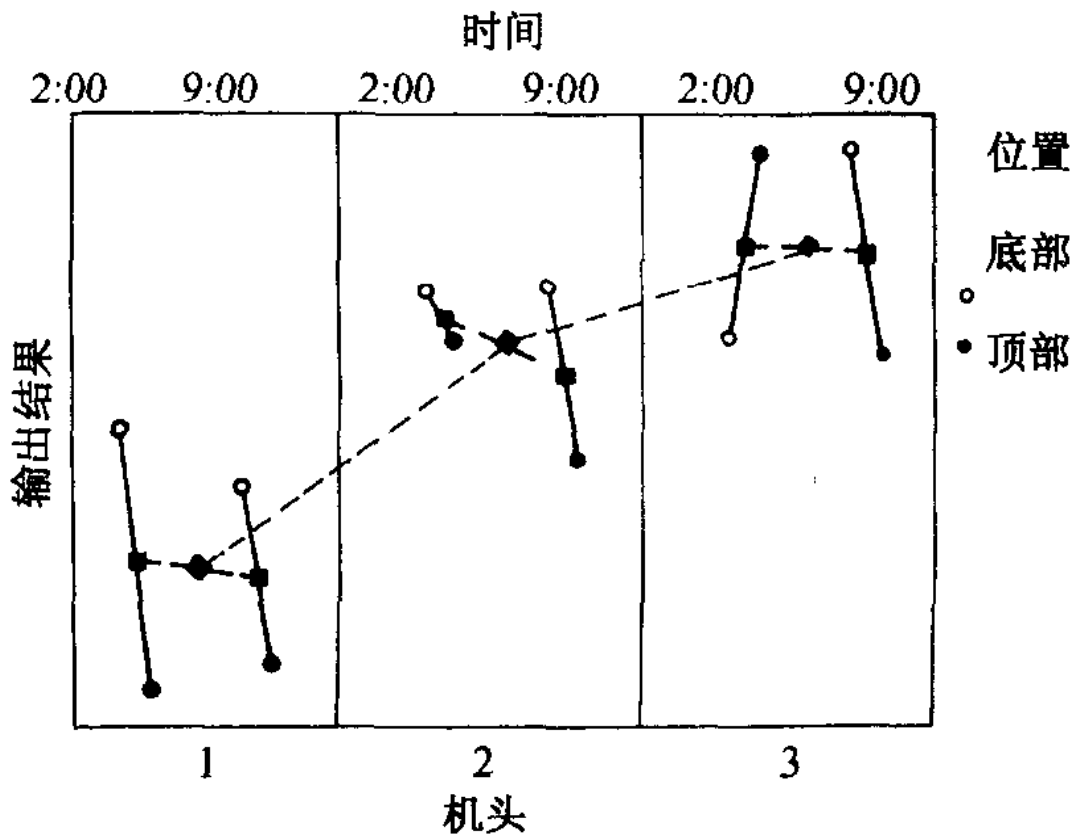


图 3.26 多变量分析图

据的图形工具. 它可以帮助我们更好地理解过程中出现的偏差(见图 3.26).

3.7.2 何时使用多变量分析

当需要找寻改进的机会时;当需要在众多的因素中,排除非重要部分,而将项目重心集中到重要的因素中时.

3.7.3 偏差的来源

(1) 位置偏差:

是由于不同位置所造成的.

例如,同一零件上不同的部位,不同的工件/机头,不同的生产线.

(2) 循环偏差:

是指流程中连续件之间的偏差.

例如,连续生产出的产品之间的偏差.

(3) 时间偏差:

例如,不同天次、不同的班次、不同的月份.

3.7.4 如何生成多变量分析

(1) 选择输出变量.

- 流程的输出变量往往不止一个. 例如,零件长度、零件直径.

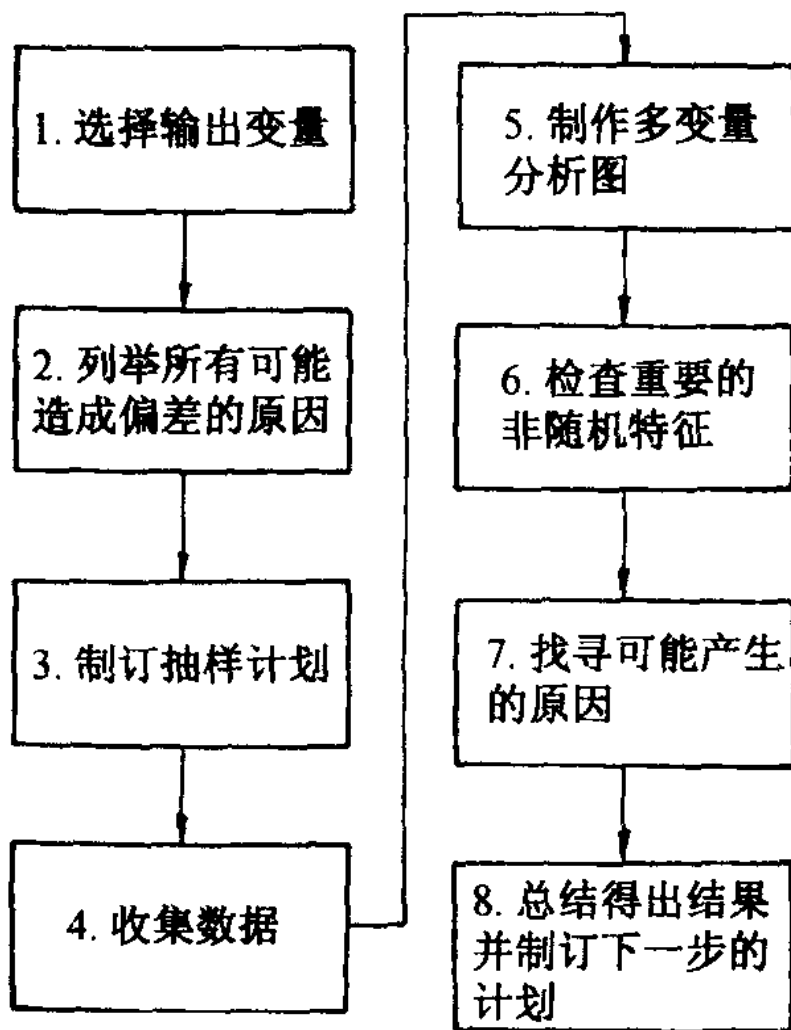


图 3.27

- 选择其中与项目有关联的做进一步分析. 在使用数据进行分析之前, 确认已通过测量系统的重复性与复现性的分析.

(2) 列举所有可能造成偏差的原因.

例如, 机器设置/原材料/环境/设备, 等等.

(3) 制订抽样计划.

了解不同偏差来源的类别及水平数目.

案例如图 3.28 所示. 所以, 我们至少需要收集 $2 \times 2 = 4$ 组数据.

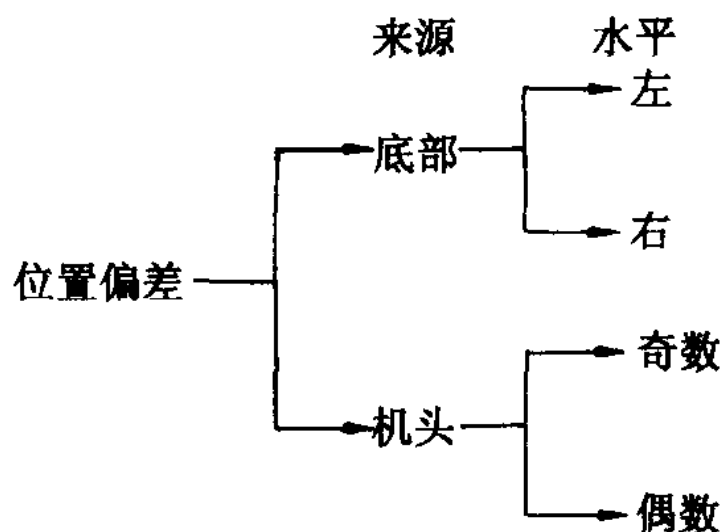


图 3.28

(4) 收集数据.

- 与相关人员讨论抽样计划.
- 准备记录表格.
- 记录所有的特殊事件.
- 如有可能,记录所有可能的输入变量.
- 如有可能,测量多次,以降低测量系统所造成的偏差.

(5) 制作多变量分析图.

输入 MINITAB, 得出分析图.

(6) 分析结果, 检查重要的非随机特征.

(7) 找出可能产生的原因.

(8) 总结所有的结果, 得出结论并制订下一步计划.

第4章 改进

改进阶段是六西格玛项目的第四步。在这一步，团队的目标主要有以下几点：

- 在众多的改进建议中，选择最佳方案。
- 对改进方案的效果进行评估、验证。
- 评估在实施改进方案的过程中可能遇到的风险，并采取相应的对策及措施。
- 制订有效的计划，将改进方案实施并推广。

在分析阶段中，已经确认了那些对输出结果 Y 有显著影响的输入变量 $X(s)$ 。在改进阶段中，必须有的放矢，采取相应的改进方案，以取得预期的改进效果。

在改进阶段常用的工具有以下几种：

- 头脑风暴（见测量部分）。
- 优先矩阵。
- 表决方法。
- 试运行。
- 计划。

- 差错预防.
- FMEA(见分析部分).
- 利益相关者分析.

4.1 优先矩阵

4.1.1 优先矩阵是什么

它是一种以矩阵的形式,对多种改进方案进行综合评估,帮助团队进行选择的工具.

4.1.2 什么时候使用优先矩阵

当团队提出不同的改进方案,而几种方案各有优缺点,且团队难以作出明确的选择时.

4.1.3 如何生成优先矩阵

- (1) 列举所有可供选择的改进方案.
- (2) 列举评估方案的标准,并根据这些标准的重要性给出不同的权重.

通常的评估标准有以下几项:

- 实施的难易程度.
- 所需的时间.
- 实施的效果.

- 对客户影响的大小.
- 技术难度.
- 所需的资源.
- 资金的投入.
- 其他.

(3) 根据评估标准, 评定每项方案的对应分值.

- 实施的难易程度.
(10——容易实施, 1——实施难度大.)
- 所需的时间.
(10——时间短, 1——时间长.)
- 实施的效果.
(10——效果明显, 1——效果不明显.)
- 对客户影响的大小.
(10——客户感觉得到, 1——客户感觉不到.)
- 技术难度.
(10——技术难度小, 1——技术难度大.)
- 所需的资源.
(10——所需资源少, 1——所需资源多.)
- 资金的投入.
(10——资金投入小, 1——资金投入大.)
- 其他.

(4) 将权重分值与每项方案的对应符合程度分

值交叉相乘后,并相加求和.

(5) 选择其中分值较高的改进方案(见表4.1).

表 4.1 优先矩阵

	实施的效果	实施的容易程度	实施所 需的资源	实施所 需的时间	投资	总评分
权重	9	5	5	9	5	
方案1	1	1	5	1	9	93
方案2	9	9	1	5	9	221
方案3	5	5	9	1	5	149

综合评定的
最佳结果

4.2 表决方法

在选择改进方案时,可采取的表决方式有以下几种:

(1) 大多数人通过.

例如,投票选举,如果超过一半的人同意,决议便通过.

优点:效率高,考虑了大多数人的意见.

缺点:可能忽略了少数有价值的意见.

(2) 少数人反对.

例如,法庭陪审团裁定嫌疑人是否有罪.如果整个陪审团中有一人反对,则应裁定该嫌疑人无罪.

优点:降低了风险.

缺点:缺少代表性,忽略了大多数人的意见.

(3) 一人表决.

例如,公司下一步的经营策略,由公司总裁或部门领导说了算.

优点:效率高,速度快.

缺点:成败与否全在于一个人的判断,缺少代表性,风险性大.

(4) 达成共识.

例如,对于双赢的商务谈判,最终的谈判结果是双方都完全赞同的.最终可能采纳的方案不是任何一方的提案,而是双方在协商的过程中,综合各自不同的意见而得出的.

优点:所有人的意见都被考虑,在计划实施过程中来自人的阻力较小.

缺点:反复多,耗时长.

达成共识是一种最理想的方案选择手段,但往往由于时间的限制,不允许这么做.通常使用的场合如下:

- 实施计划的成功与否其后果严重.
- 实施计划的成功与否其影响范围较大.
- 涉及人员的情感因素较多.
- 意见分歧较大.

4.3 试运行

4.3.1 试运行是什么

当改进工作方案提出后,首先在一个小范围内实施,而不是同时大规模地推广.

例如,中国的改革首先在深圳进行试点.

4.3.2 为什么使用试运行

- 对改进方案的效果进行检验及确认。
- 了解在实施过程中,可能遇到的困难和风险。
- 为今后的大规模推广过程积累宝贵的经验。

4.3.3 何时使用试运行

- 背景经验少时。
- 风险大时。
- 规模大,涉及面广时。
- 计划实施所需的资金及资源多时。
- 计划一旦失败,负面影响大时。

4.3.4 如何实施试运行

- 组织团队。
- 安排试运行计划(时间、地点、涉及的人员、试运行内容、结果记录及考核指标)。
- 适当的培训及检验。
- 实施试运行计划并记录其结果。
- 检验试运行的效果。

4.4 计划

4.4.1 计划是什么

任何想象不到的,或想象得到的事情,都可能发生.通过事先制订计划,做好准备,可以相对地增加在规定时间内完成任务的可能性.

4.4.2 何时使用计划

- 涉及的人员/部门众多时.
- 有时间限制时.
- 一旦失败,影响很大时.

4.4.3 计划的内容

- 具体任务的内容.
- 时间.
- 资源.
- 风险.
- 检查(结果和方法).

4.4.4 可选择的工具

(1) WBS:

它可将大而宽泛的任务细分到可操作的具体步骤内,从而进一步落实其内容。(见图 4.1)

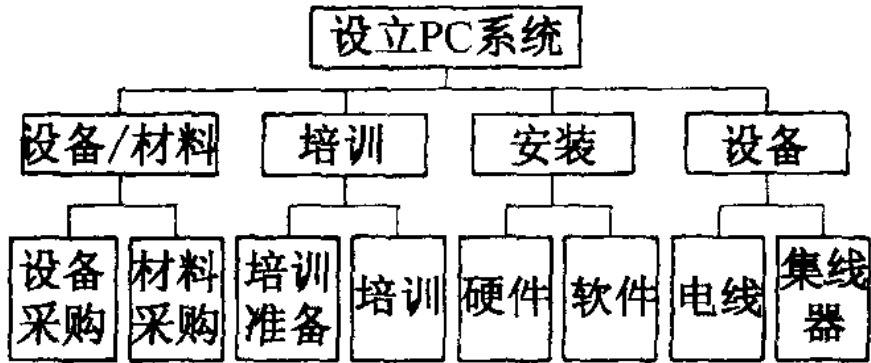


图 4.1 WBS 案例

(2) 甘特图:

先将复杂的项目内容按时间的先后次序、跨度排列,再将责任分配到相应的人员,并以图形的形式直观地显示出项目的具体进展情况(见图 4.2).

操作步骤:

- 确认项目的最终期限.
- 列举 WBS 中项目涉及的具体操作内容及步骤.
- 将步骤按次序排列.
- 规定每个步骤的完成时间.
- 指定每个步骤的负责人.
- 定期检查进展情况,并相应地更新甘特图.

案例:

设立 PC 系统.

ID	任务	负责人	1-3	1-29	2-11	2-20	3-7	3-30	4-8
1	设备与材料								
1.1	设备采购	Sally							
1.2	材料采购	Carrie							
2	培训								
2.1	培训准备	Peter							
2.2	实施培训	Johnny							
3	安装								
3.1	硬件	Sam							
3.2	软件	Kevin							

图 4.2 甘特图

4.5 差错预防

4.5.1 差错预防是什么

差错预防是一种控制差错,杜绝缺陷的方法。往往又被称为 Poka-yoke (Poka——疏忽错误; Yokeru——避免)。

4.5.2 为什么要预防差错

因为许多项目中出现的缺陷或者事故都是由于差错造成的,往往难以预测,并且一旦发生,后果严重.因此,为了能保证质量水平和减少事故的数量,必须尽可能地避免可能出现的差错.

4.5.3 差错的种类

(1) 主观差错.

由于操作人员的失误所造成的差错,例如:

- 注意力不集中,思想开小差.
- 疲劳.
- 理解错误.
- 技术不熟练,缺乏应有的技能.
- 反应迟钝.
- 记忆出错.
- 判断标准不清楚.
- 明知故犯.

(2) 客观差错.

由产品设计、机械设备、控制系统所造成的差错.

4.5.4 预防差错的种类

可通过降低或杜绝差错出现的可能性,或是通

过及时发现差错,从而达到防止差错产生的目的.

(1) 限制类:

- 例如,电脑,音响的不同插头,如不符合要求,则插不进,避免了由于插错插头可能对机器造成的损坏.
- 例如,集装箱码头的高度限位器,一旦高度超出限高,则车辆无法通过.

(2) 助记类:

- 例如,购物清单,检查清单.
- 例如,电工、医生工具箱内固定的槽,如尚有空槽,说明还有工具没收回.

(3) 警告类:

- 例如,生产流水线上的红色警鸣器,一旦有异常产品出现,警鸣器则发出警鸣声,提醒操作者注意.不可错过.
- 例如,电脑文件删除前的确认对话框,如是误操作,可及时更改.

(4) 自动转换类:

- 例如,保险丝,如电流过大,则自动断路.
- 例如,煤气灶的安全装置,一旦火焰被溢出物熄灭,则能自动关闭气体输出开关.

4.6 利益相关者分析

4.6.1 利益相关者分析是什么

在很多时候,项目推广过程中遇见的最大问题不是技术困难,而是由人的因素造成的.由于目标不一致,涉及到部门或个人的切身利益,或是由于沟通不周到、不及时所引起的误解,这样往往导致工作效率低下,使应有的改进措施得不到及时落实,甚至于全功尽弃,功亏一篑.因此有必要对相关人员的态度进行分析,并及时采取相应的措施,以保证工作能顺利进行.

4.6.2 何时使用利益相关者分析

当项目涉及来自不同部门的人员,项目的进展过程及推广需要团队配合时.

利益相关的人员:在任何日常工作中或其切身利益会受到项目影响的人.

4.6.3 如何生成利益相关者分析

- 列出所有的利益相关人员.
- 列出所有可能的态度水平.

- 了解利益相关人员目前的态度水平,用 X 表示.
- 了解你所期望他们达到的态度水平,用 O 表示.
- 分析现实情况与期望值之间的差距.
- 采取相应的措施来缩小差距.
- 在措施落实后,重新评估人员的态度水平,了解落实措施的效果是否尽如人意.

表 4.2 利益相关者分析

	敌视	不关心	中立	支持	热心
销售部门		X ———> O			
生产部门		X ———> O			
市场部门	X ———>				O ———>
技术部门		X ———> O			
客户服务部门		X ———> O			
研发部门		X ———> O			
采购部门			X ———> O		

X:代表现状; O:代表希望的状态.

第 5 章 控制

控制阶段是六西格玛项目的第五步. 在这一步, 团队的目标最主要有以下两点:

- 确保过程在新的状态下稳定运行, 并保持着改进的成果.
- 完成项目文件并正式结束项目.

为了确保过程的改进成果能长期的保持, 必须有一个完善的控制和响应计划, 以保证能有效地应对过程中可能出现的不稳定因素. 前面曾经把输入变量或过程变量和 CTQ 的关系表达为函数关系:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

式中

Y 表示过程的输出变量, 即 CTQ;

X_1, X_2, \dots, X_n 表示过程的输入变量或过程变量;

f 表示过程本身.

在这一步, 应控制对 Y 有显著影响的输入变量, 把新的过程标准化. 同时也要收集 Y 的数据, 以

监控过程结果的稳定性。

控制的常用工具有以下几种：

- 过程流程图。
- 标准操作程序(SOP)。
- 控制操作程序(计划)。
- 控制图。

5.1 过程流程图

5.1.1 过程流程图是什么

见 2.1.1。

5.1.2 为何使用流程图

- 作出新的过程流程图,以便文件化和保持已有的改进。
- 可作为编写控制计划的基础。

5.1.3 如何使用流程图

- 以在测量和分析时画好的流程图为基础。
- 按照改进时确定的试运行解决方案来修改原流程图。

5.1.4 流程图的层次

见 2.1.4.

5.2 标准操作程序(SOP)

5.2.1 标准操作程序是什么

不同的公司有不同的名称. 标准操作程序包括如下的内容:

- 作业指导书.
- 工作指导书.
- 工艺指导书.
- 机器操作指导书.
- 维护保养及计划指导书.
- 其他.

指导书是过程的操作者和管理者之间的一份协议. 它规定了工作内容是什么, 以及应如何完成.

5.2.2 为什么使用标准操作程序

- 可以指导操作者如何完成工作.
- 可以指导操作者在遇到问题时该如何反应.
- 可以作为员工培训的基础.

- 可以保持过程和改进的知识成果.
- 可以作为审核过程的标准.

5.2.3 标准操作程序如何进行

- (1) 了解过程的基本情况,如 SIPOC.
- (2) 收集现有文件系统或质量系统中有关的规定和文件.
- (3) 和实际的操作者进行访谈:
 - 检查文件记录和实际操作过程是否一致.
 - 检查文件在实际过程中的适用性,如和实际的操作者进行访谈.
- (4) 与过程专家团队进行讨论,寻找新的业务知识和改进方法.
- (5) 对不一致的或不适用的地方进行修改,并及时补充,更新文件.
- (6) 按规定对文件进行审核批准.
- (7) 培训相关人员并进行实际操作,必要时提供现场指导.
- (8) 审核文件的实施过程.
- (9) 按审核结果,督促落实措施或修改文件.

5.2.4 标准操作程序注意点

- 文件应用当地的语言书写.

- 在解释较复杂的工作时,应尽量用图片来直观说明.
- 文件中不应包含不可能做到的内容.
- 应阐明过程中的因果关系,以便操作者在过程发生问题时采取适当的措施.
- 已知的、对质量或效率无影响的变量的范围或设置,文件中不应作规定.
- 文件中不应包括对简单概念、知识、技能和常识的详细描述.
- 文件的书写详细程度应适当.写得太细,会导致使用者陷于不必要的细节中,从而影响文件的可信度.写得太粗则起不到指导的作用.以下是一个有关指导小孩起床去学校的例子.

(1) 太细的指导书(全文共 10 页纸):其中设置了很多已知的、对结果无影响的变量.

- 早晨6:30,两手撑床垫,用力撑,同时腹肌用力抬起上身.
- 坐在床上,左手先拿起衬衣,右手伸进相应的袖口.然后左手再伸进左袖口.再扣钮扣,扣钮扣时应从上到下.
- 左脚从床的左边放下,伸进拖鞋中,然后放下右脚并伸进拖鞋.

- 拿起长裤,双手拿住裤腰,将右脚脱下拖鞋,通过收缩腹部肌肉和大腿肌肉来提起小腿,同时右膝关节在重力(重力在此特指小腿和地球之间的万有引力)作用下自然弯曲,当右脚底的高度已超过裤腰的高度时,小腿要适当用力对准裤腿,对准后,绷直脚尖,然后适当放松腹部肌肉和大腿肌肉,让小腿在重力作用下缓缓向下通过右裤腿,然后把脚伸进拖鞋.
- 左脚相应地做以上的动作.
-
-
-

(2) 太粗的指导书,全文如下:

- 早晨 6:30 起床.
- 洗脸、刷牙、梳头.
- 乘车上学.
- 上学.

(3) 详细程度合适的指导书,全文如下:

- 早晨 6:30 闹钟响后起床,注意选择穿合适的衣服去学校,如当天有体育课,应穿运动衣和运动鞋.
- 洗脸、刷牙、梳头.

- 吃早饭.
- 7:00 应出门至 91 路江山路站,如在 7:20 还未等到 91 路公共汽车,应立即叫出租车去学校.如已确定肯定要迟到,应打电话给其他同学,请他们帮助,并向老师说明.
- 8:10 前应到达嘉明中学.

5.3 控制计划

5.3.1 控制计划是什么

控制计划是一个描述过程中应监控的点及控制方法的文件.该文件一般应包括以下几个方面:

- 过程步骤的简单描述.
- 监测的指标.
- 指标应控制的理想范围和方法.
- 出现问题时应采取的响应措施.

控制计划可以有很多的形式,最常见的形式是表格形式(如表 5.1).在该计划中规定了在过程中的检查点,检查内容,检查频率,由谁来测量和记录,判定的标准,超出了规范或控制线后应采取的措施,以及对应于该过程的参考文件.

表 5.1

过程步骤	监控内容	抽样量	谁	抽样时间	标准	记录表	纠正行动	参考文件
烘料	烘料温度	每小时1次	烘料操作工	每个正点	120~150℃	烘箱使用记录表	如果不在标准范围内, 检查温度设置, 如果温度设置不对, 调整设置, 如果设置在规定范围内但实际温度不在范围内, 打电话给维修部门; 同时如果超出 175℃, 则报废该批原料	SOP-ZZ-2503
	水分含量	每天1次	在线检验员	每天第一批	UCL=0.75% LCL=0.35%	水分控制值图	向技术部烘料工程师和烘料操作工汇报并调查情况	SOP-QC-1005
注塑	注射压力	每小时1次	注塑操作工	每个正点	<600巴	注塑记录表	如果不在标准范围内, 检查设置, 如果压力设置不对, 调整设置, 如果设置在规定范围内但实际压力不在范围内, 打电话给维修部门; 同时对产品检查溢料情况	SOP-ZS-3301

(续表)

过程步骤	监控内容	抽样量	谁	抽样时间	标准	记录表	纠正行动	参考文件
注塑	I 度	每小时 1 次	注塑操作工	每个正点	280~290°C	注塑记录表	如果不在标准范围内, 检查设置, 如果温度设置不对, 调整设置, 如果设置在规定范围内但实际温度不在范围内, 打电话给维修部门; 同时对前 1 小时的产品全检	SOP-ZS-3301
	II 度	每小时 1 次			290~300°C	注塑记录表		
	冷却水出口温度	每小时 1 次			UCL = 28°C LCL = 24°C	单值控制制图		
	转速	每小时 1 次			注塑记录表	调整		
	保压力	每小时 1 次		200~230°C	注塑记录表	调整		
	模温	每小时 1 次		UCL = 90°C LCL = 70°C	单值控制制图			
				每班开始和 4 小时后				

5.3.2 控制计划注意点

(1) 过程的简单描述可以用过程流程图来表达,但不应包含返工等循环,只要粗略地描述过程的大致情况即可.应提供参考文件号,从而使过程的操作者在必要时可以通过参考、阅读该文件,来进一步了解过程.

(2) 在过程中应监控的内容包括如下几项:

- 过程中的关键输入和过程变量.
- 过程的关键输出质量特性(变量).
- 对于每个变量,应定义测量的频率,由谁测量和规范或控制范围.控制图可用于对变量的监控.

(3) 响应的行动规定如下:

- 对于已生产出来的缺陷产品如何处理.
- 在现场,对过程应做何调整.
- 对于现场不能解决的问题,应通知谁.

(4) 对于变量的测量系统,应有完善的校验计划,并经量具重复性和再现性的试验验证才有效.

5.4 控制图

5.4.1 控制图是什么

见 2.9.

5.4.2 常用控制图的类型

- 单值控制图(I 图).
- \bar{X} - R 图(平均值极差图).
- I - MR - R 图(平均值-移动极差-极差图).
- P 图(次品率图)或 NP 图(次品数图).
- C 图和 U 图.

在 2.9 中已完整地介绍了单值控制图,本节中将介绍其他的控制图.

5.4.3 对于连续数据如何选用不同的图

对于连续数据而言,如果是系统抽样,可用单值控制图;如果是小组抽样,并且小组是合理分组的话,则用平均值-极差图;如果不是合理分组,则用平均值-移动极差-极差图.

所谓的合理分组是指小组内的偏差水平与处于理想状态下的过程的偏差水平相同.过程理想状态是指过程没有受到任何特殊原因的影响.如果小组内的偏差水平与处于理想状态下过程的偏差水平相差很大,那么小组的分组就是属于不合理的.在合理的分组下,小组内的偏差能代表过程的通常原因偏差.下面为两个不是合理分组的小组的例子:

- 小组内的偏差小于过程的通常原因偏差.这

常发生于批制造的情况. 例如, 在一个反应釜中, 当每釜结束时取 4 个样品作为一个小组去测量粘度. 一个小组内粘度的偏差仅代表了反应釜中的均匀性偏差, 但是它不可能包括釜与釜之间的通常原因偏差. 所以在该小组的抽样中, 小组内的偏差小于过程的通常原因偏差.

- 小组内有系统性的偏差, 从而使小组内的偏差大于小组与小组之间的通常原因偏差. 比如, 在注塑过程中, 一模有四腔, 其中有一腔由于模具制造的偏差比其他三腔要小, 如果我们以一次注塑成型的 4 个零件组成一个小组, 那么, 该小组中就包含了有一腔由于模具制造的偏差比其他三腔要小的系统性的差异, 而该差异不会在这一次注塑成型和下一次注塑成型中体现出来. 所以在该小组抽样的方法中, 小组内有一系统偏差, 从而使小组内的偏差大于小组与小组之间的通常原因偏差.

在上述两种情况下, 不能使用 \bar{X} -R 图, 这时必须使用 I -MR-R 图.

(1) \bar{X} -R 图的构造和控制限的计算.

以表 5.2 中的数据为例(由于篇幅原因, 只列

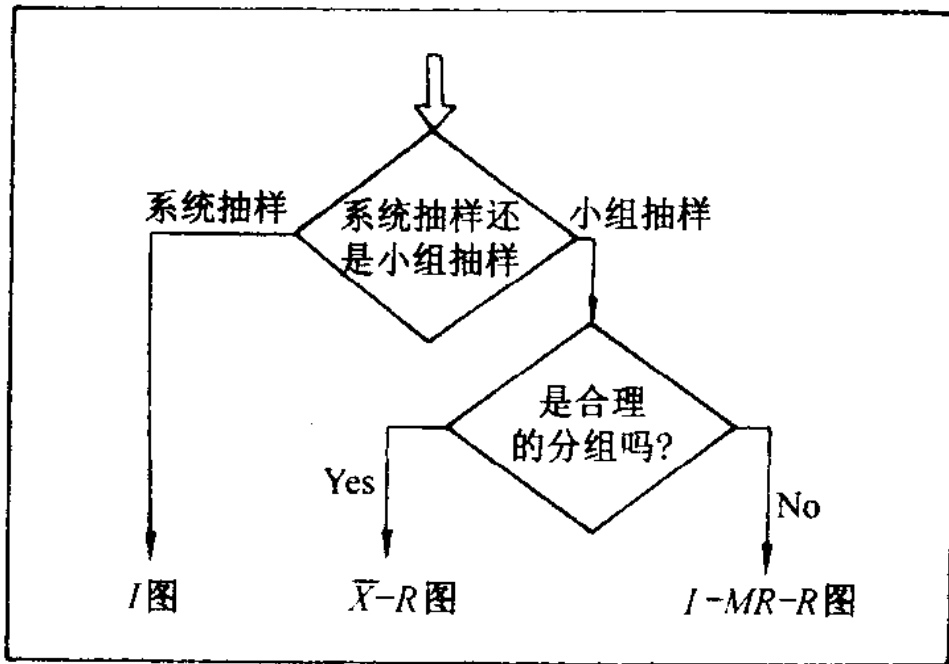


图 5.1

出部分数据)。

表 5.2

	1	2	3	...	23	24	
1	8.9	10.9	9.6	...	9.3	9.3	
2	8.5	10.1	12.5	...	8.5	14.8	
3	12.6	12.8	6.2	...	9.3	10.6	
4	12.4	9.5	11.2	...	9.6	10	平均值
总和	42.4	43.3	39.5	...	37	44.7	
\bar{X}	10.6	10.8	9.9	...	9.2	11.2	9.87
R	4.1	3.3	6.3	...	1.1	5.5	4.17

小组平均值 组内极差 $\bar{\bar{X}}$ \bar{R}
 小组平均值的平均值 组内极差的平均值

\bar{X} 图上的控制限按以下公式计算：

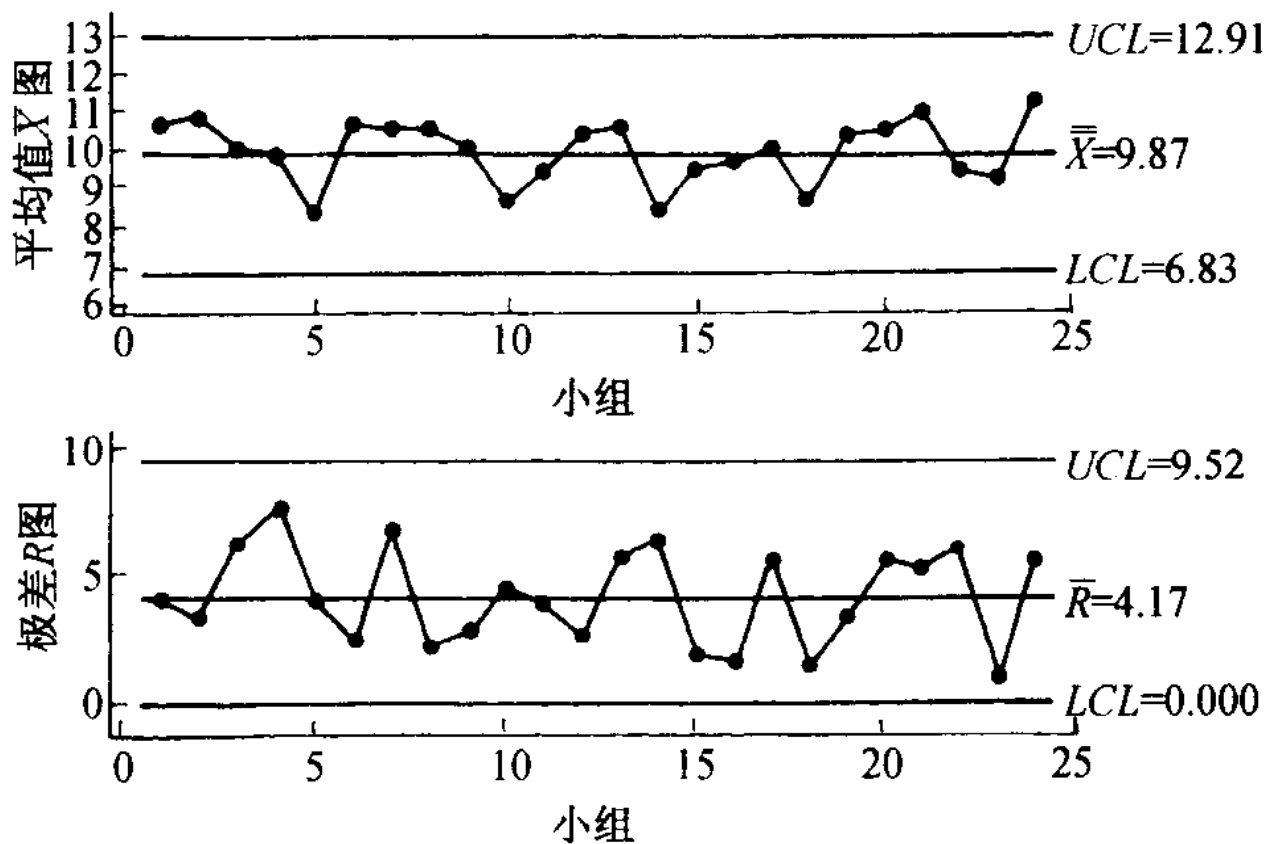


图 5.2 \bar{X} -R 图

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R}$$

R 图上的控制限按以下公式计算：

$$UCL_R = D_4 \times \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \times \bar{R}$$

式中

\bar{X} 表示小组平均值；

$\bar{\bar{X}}$ 表示小组平均值的平均值；

\bar{R} 表示组内极差的平均值；

A_2, D_3 和 D_4 表示与小组内样品数有关的常数 (见表 5.3). 在本例中, 小组内样品数 = 4, 查表得:

$$A_2 = 0.729; D_3 = 0; D_4 = 2.282.$$

$$UCL_{\bar{X}} = 9.87 + 0.729 \times 4.17 = 12.91$$

$$LCL_{\bar{X}} = 9.87 - 0.729 \times 4.17 = 6.83$$

$$UCL_R = 2.282 \times 4.17 = 9.52$$

$$LCL_R = 0 \times 4.17 = 0$$

\bar{X} -R 图计算控制限的常数表见表 5.3.

表 5.3

小组内 样品数	A_2	D_3	D_4
2	1.880	0	3.267
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.115
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

(2) I - MR - R 图的构造和控制限的计算.

以表 5.4 中的数据为例(由于篇幅原因,只列出了部分数据).该数据是批制造的数据,每批中抽 4 个样品组成一小组,测量 pH 值.由于组内偏差仅代表同一批中的均匀度,而组与组之间还有其他的

通常原因偏差,所以不能用 \bar{X} -R 图.

表 5.4

	1	2	3	...	24	25	
1	3.95	4.31	3.9	...	3.9	3.87	小组平均值的平均值 $\bar{\bar{X}}$
2	3.76	4.19	4.02	...	3.7	3.65	
3	3.76	4.24	3.88	...	3.9	3.68	
4	3.72	4.19	3.99	...	4	3.83	
\bar{X}	3.8	4.23	3.95	...	3.9	3.76	3.97
MR		0.43	0.28	...	0.1	0.11	0.194
R	0.23	0.12	0.14	...	0.3	0.22	0.197

小组平均值
 小组平均值间的移动极差
 组内极差
 移动极差的平均值
 \bar{MR}
 \bar{R}
 组内极差的平均值

I 图上的控制限按以下公式计算:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 2.66 \times \bar{MR}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 2.66 \times \bar{MR}$$

MR 图上的控制限按以下公式计算:

$$UCL_{MR} = 3.267 \times \bar{MR}$$

$$LCL_{MR} = 0$$

R 图上的控制限按以下公式计算:

$$UCL_R = D_4 \times \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \times \bar{R}$$

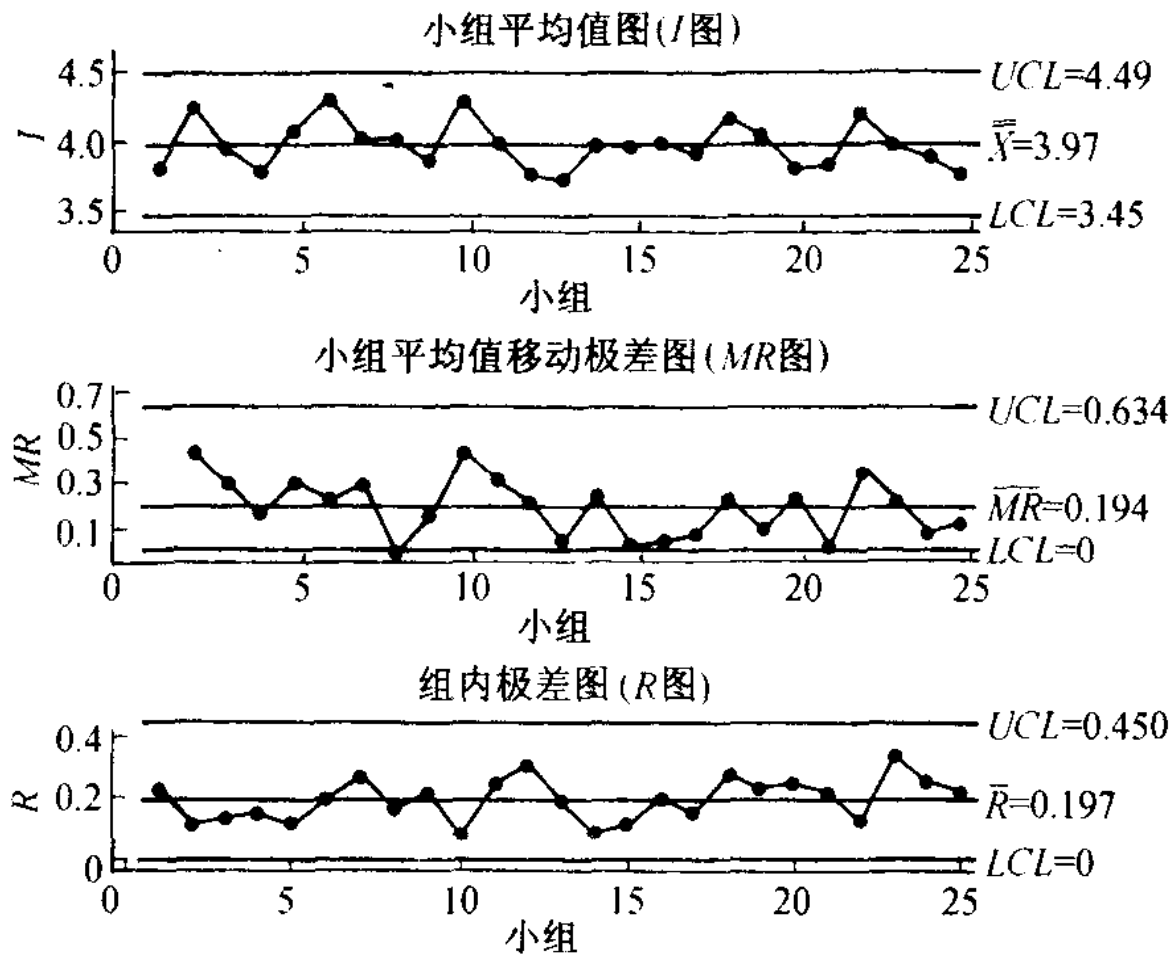


图 5.3 pH 值的 I-MR-R 图

式中

\bar{X} 表示小组平均值；

$\bar{\bar{X}}$ 表示小组平均值的平均值；

\overline{MR} 表示移动极差的平均值；

\bar{R} 表示组内极差的平均值；

D_3 和 D_4 表示与小组内的样品数有关的常数 (见 \bar{X} -R 图计算控制线的常数表). 在本例中, 小组内的样品数 = 4, 查表得:

$$D_3 = 0; D_4 = 2.282$$

$$UCL_{\bar{X}} = 3.97 + 2.66 \times 0.194 = 4.491$$

$$LCL_{\bar{X}} = 3.97 - 2.66 \times 0.194 = 3.45$$

$$UCL_{MR} = 3.267 \times 0.194 = 0.634$$

$$LCL_{MR} = 0$$

$$UCL_R = 2.282 \times 0.197 = 0.450$$

$$LCL_R = 0 \times 0.197 = 0$$

5.4.4 对于离散数据如何选用不同的图

对于离散数据而言,首先要判断数据是离散属性数据,还是离散计数数据,然后看抽样大小是否一致.

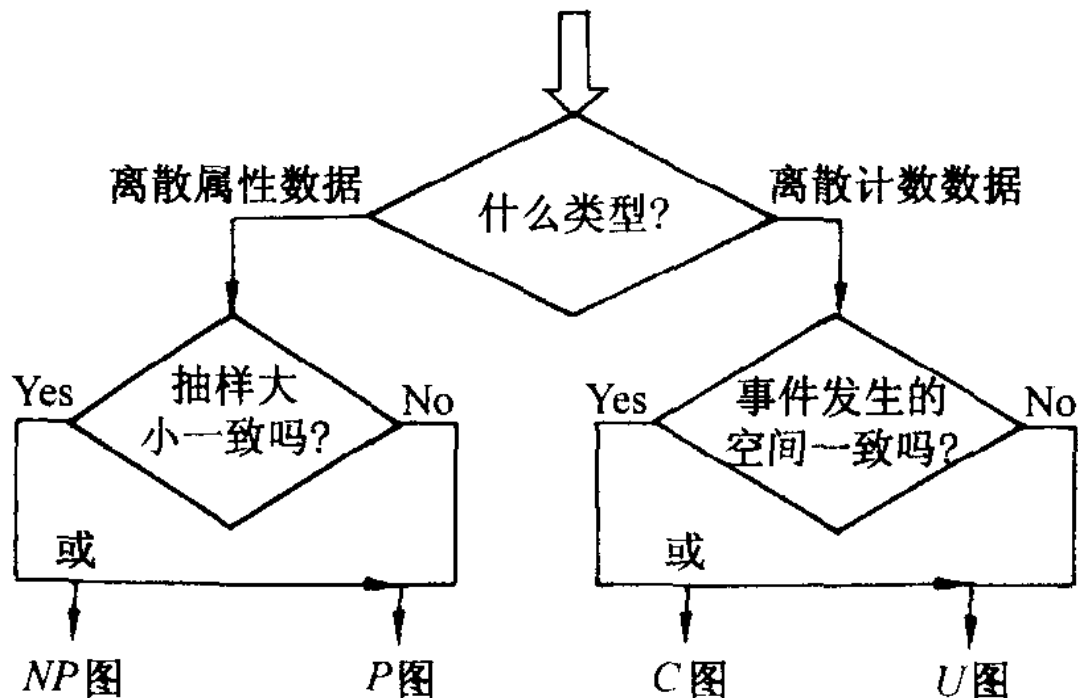


图 5.4

(1) P 图和 NP 图.

当要绘制针对次品控制的控制图时,常用 P 图和 NP 图. NP 图又被称为次品图, P 图被称为次品

率图. 从一个过程中每天抽出 200 个样品, 检查其中有多少个是次品. 表 5.5 列出了有关数据.

表 5.5

天	抽样大小	次品数	次品率
1	200	9	0.045
2	200	10	0.05
3	200	10	0.05
4	200	1	0.005
5	200	12	0.06
⋮	⋮	⋮	⋮
23	200	8	0.04
24	200	13	0.065
25	200	5	0.025
	平均	9.2	0.046

P 图的控制限按以下公式计算:

$$UCL_P = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P} \times (1 - \bar{P})}{N}}$$

$$LCL_P = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P} \times (1 - \bar{P})}{N}}$$

$$UCL_P = 0.046 + 3\sqrt{\frac{0.046 \times (1 - 0.046)}{200}} = 0.090$$

$$LCL_P = 0.046 - 3\sqrt{\frac{0.046 \times (1 - 0.046)}{200}} = 0.002$$

NP 图的控制限按以下公式计算：

$$UCL_{NP} = N\bar{P} + 3\sqrt{N\bar{P} \times (1 - \bar{P})}$$

$$LCL_{NP} = N\bar{P} - 3\sqrt{N\bar{P} \times (1 - \bar{P})}$$

代入数据,得

$$\begin{aligned} UCL_{NP} &= 9.2 + 3\sqrt{200 \times 0.046 \times (1 - 0.046)} \\ &= 18.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCL_{NP} &= 9.2 - 3\sqrt{200 \times 0.046 \times (1 - 0.046)} \\ &= 0.3 \end{aligned}$$

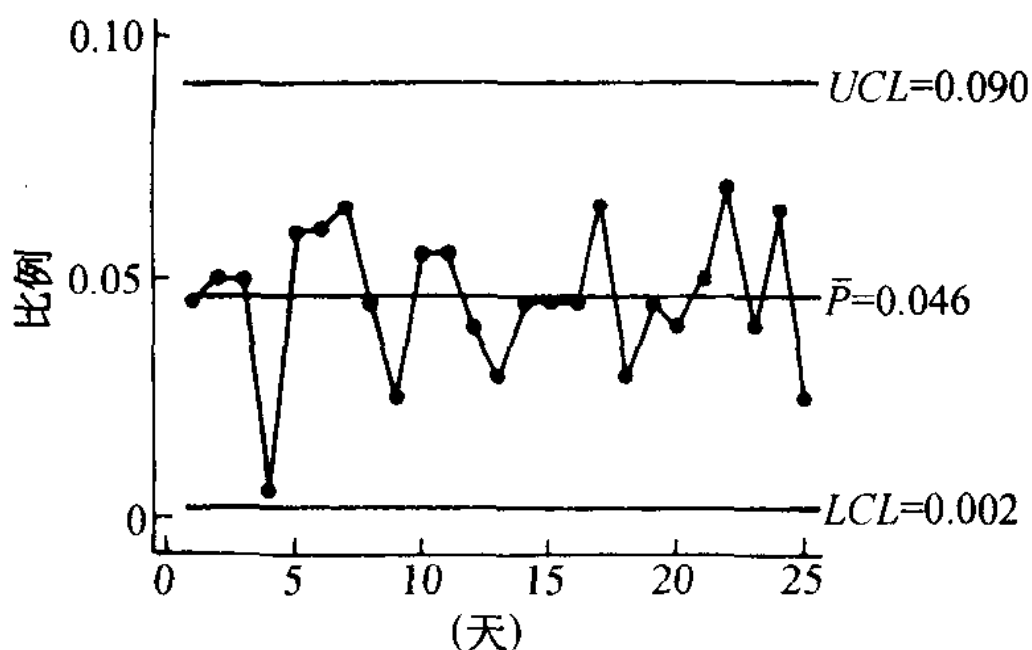


图 5.5 P 图(次品率图)

(2) C 图和 U 图. 当要绘制针对缺陷的控制图时,常用 C 图和 U 图. C 图被称为缺陷数图, U 图被称为单位样本空间里的缺陷数图,每天抽取 200m 的织布,检查其中有多少缺陷.

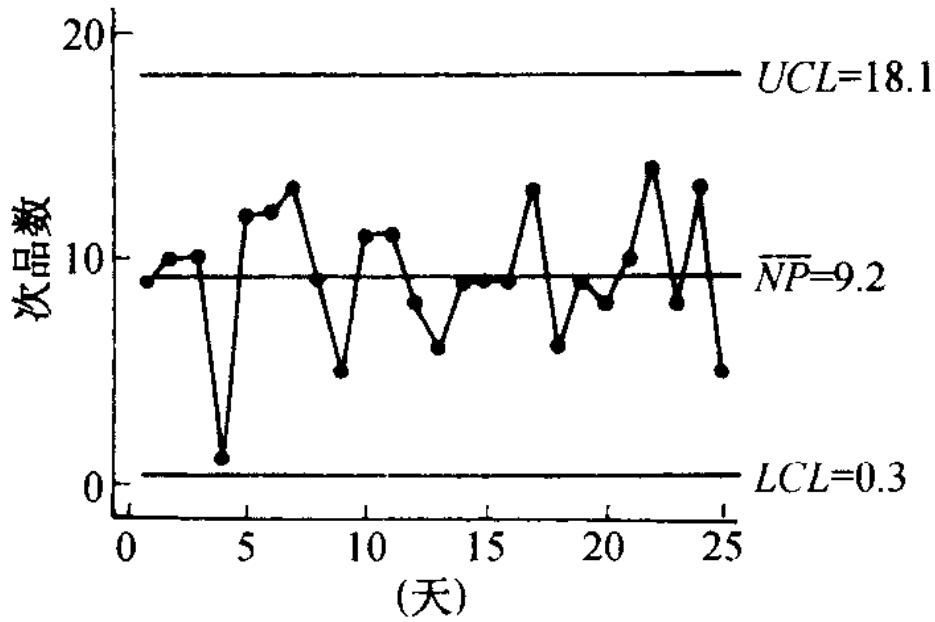


图 5.6 NP 图(次品数图)

表 5.6

天	抽样大小 $a(m)$	缺陷数 C	每米缺陷数 U
1	200	7	0.035
2	200	3	0.015
3	200	4	0.020
⋮	⋮	⋮	⋮
23	200	11	0.055
24	200	6	0.030
25	200	6	0.030
平均		6.96	0.0348

C 图的控制限按以下公式计算：

$$UCL_C = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$LCL_C = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$$

代入数据,得

$$UCL_C = 6.96 + 3\sqrt{6.96} = 14.9$$

$$LCL_C = 6.96 - 3\sqrt{6.96} = -0.95$$

因为根据公式计算得出的下控制限值为负数,而缺陷数不可能小于零,所以下控制限设置为零.

U 图的控制限按以下公式计算:

$$UCL_U = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{a}}$$

$$LCL_U = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{a}}$$

在公式中, a 表示抽样大小.

$$U = \frac{C}{a}$$

代入数据,得

$$UCL_U = 0.0348 + 3\sqrt{\frac{0.0348}{200}} = 0.074$$

$$LCL_U = 0.0348 - 3\sqrt{\frac{0.0348}{200}} = -0.0048$$

因为根据公式计算出的下控制限值为负数,而每米缺陷数不可能小于零,所以将控制限设置为零.

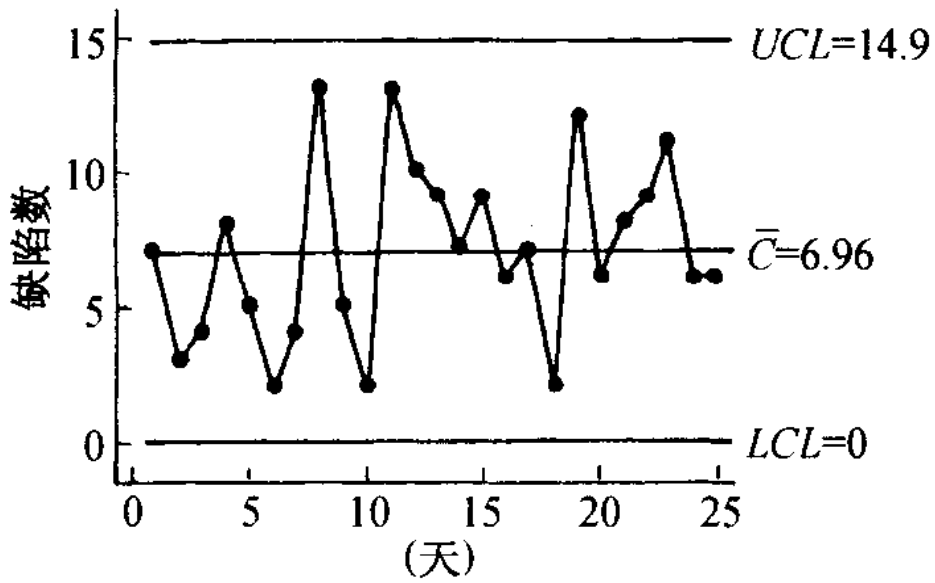


图 5.7 200m 布上的缺陷数(C 图)

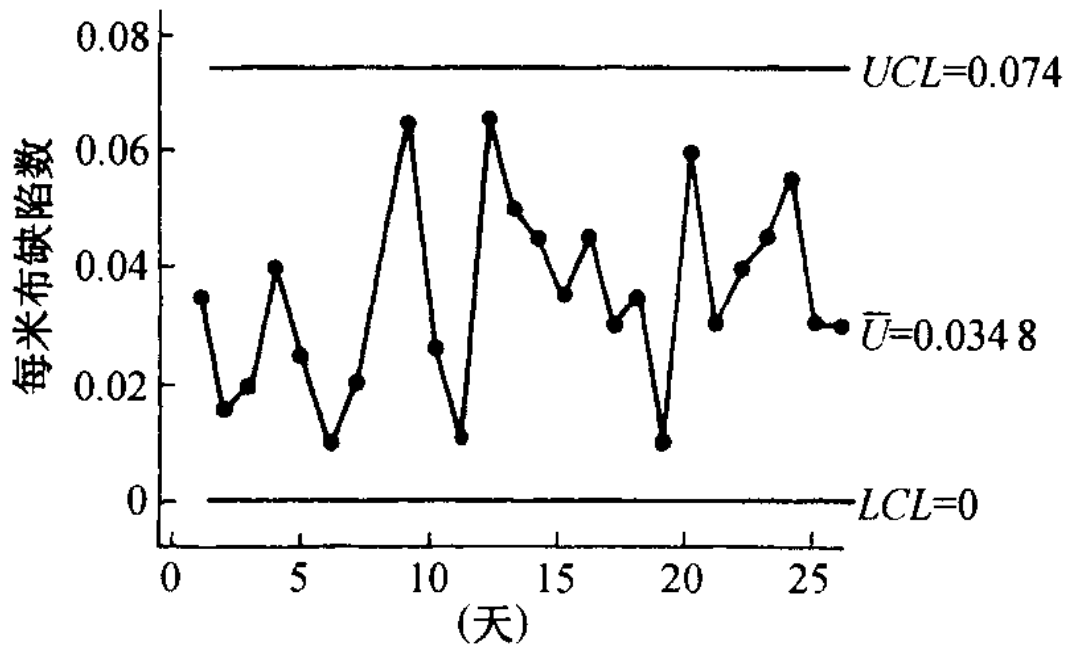


图 5.8 每米布上的缺陷(U 图)