

六西格玛

入门

LIUXIGEMA RUMEN

文放怀 主编

广东出版集团 广东人民出版社

新
工
厂
管
理



7

六西格玛 入门

LIUXIGEMA RUMEN

文放怀 主编

广东省出版集团 广东经济出版社

新
工
广
管
理

7

总序

新工厂，新管理

随着全球化进程的加快和知识经济时代的到来，越来越多的企业感到了生存的压力。面对新经济形势下的残酷竞争，我们只能勇敢地挑战生存极限，设法改变生存环境，加强管理，苦练内功，树立核心竞争力。新工厂，新管理。为此，我们编撰出版了《新工厂管理》丛书，希望对提高工厂的管理水平有所帮助。

一、21 世纪的工厂管理，基础管理是关键

基础管理是 21 世纪工厂赖以生存的基本条件，基础打不好，企业总体素质提不高，企业的生存空间就会越来越小。日本企业在基础管理方面做了一些创造性的工作，堪称国内企业的典范。

日本企业非常关注 5S、TPM 和 QCC。5S 是一个企业的基本立足点，5S 做不好，企业管理一团糟，任何管理都无从谈起。做了 5S，不做 6S，安全无保证，事故常发，企业同样难以为继。做好 6S，不做 7S，企业浪费问题成堆，跑冒滴漏，企业获利就难以实现。做好 5S/6S/7S 的同时，如果不做 TPM，企业设备综合效率低，每天生产打打停停，设备保养费用居高不下，人员素质低下，各种浪

□ 六西格玛入门

费丛生，企业的获利空间同样将十分有限。做了 TPM，如果不做 QCC，企业品质上不去，客户退货率增加，企业产品的市场占有率将会越来越低。

只有狠抓基础管理，从现场、设备、品质等方面全方位地努力，使每一位员工都参与到工厂的管理活动中来，提出合理化建议，才能改善企业内部的各项薄弱环节，提高企业机体和人员素质，营造积极向上的企业文化。这是世界优秀企业的成功秘诀，也是中国企业成功的必由之路。

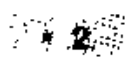
二、21 世纪工厂管理，过程管理是关键

关于过程管理、流程再造，早在 20 世纪的美国就做了这方面的努力。一个企业有各种各样的流程（过程），如果流程效率低下，企业营运成本增高，人浮于事，官僚主义盛行，就会极大地阻碍企业的发展和进步。因此，要找出企业的核心流程，绘制高水平的流程图，找到制约企业发展的瓶颈，对流程进行有针对性的再造或再设计。

设计好新的流程后，要加强过程管理，使过程能力满足企业的设计要求，对不能满足要求的过程能力进行优化和改善。在这方面，美国企业有成功的经验：一是流程再造，一是六西格玛流程再设计和优化，值得我们借鉴。因此，为了在激烈的市场竞争中占有一席之地，中国企业加快企业流程再造和六西格玛设计优化的步伐，是很有必要的。

三、21 世纪工厂管理，领导作用是关键

企业能否生存下去，领导扮演着十分重要的角色。管



总 序

理者有没有领导力、执行力和决策力，是能否管好企业的分界线。一个卓越的领导者所应该具备的基本素质（5E）是：远见卓识的眼力（Envision），影响团队的魅力（Energize），大胆开拓的魄力（Eager），快速行动的执行力（Execute），开诚布公的道德力（Ethics）。

如何成为一名优秀的管理者呢？关键是要用领导力去教育人，用执行力去说服人，用决策力去影响人，如此你的团队才会成为优秀的团队，你的企业才会成为优秀的企业。

四、21 世纪工厂管理，变革管理是关键

“不变革就会死亡。”21 世纪工厂管理十分强调变革管理，企业的生存环境日益复杂，顾客需求多样化、个性化，也相应地要求供应链管理越来越快捷化、低成本化、信息化。加速企业内部变革管理，优化业务流程，重新整合企业资源、加快企业内的信息化步伐，是企业成功的根本保证。

21 世纪，市场竞争日趋白热化。随着企业管理工作的日益复杂和管理工作压力的加大，管理人员需要的是能够立竿见影、行之有效的实用管理技术以及规范化的管理方法。《新工厂管理》丛书正是满足管理者这种需要的工具书。

文敬怀

2005 年 1 月于深圳

前言

Σ σ τ e w o i c

随着前几年国内一批六西格玛管理普及应用书籍的出版，国内六西格玛管理的应用门槛将越来越低。六西格玛并不像以往人们认为的那样高不可攀，也并非只有大企业或五百强才可以使用，其实中小型企业、民营企业都可应用六西格玛。因此，如何普及推广及应用六西格玛，进一步打破六西格玛的神秘感，使众多中国企业和相关人士了解并应用六西格玛进行管理，是大家十分关心的问题。

一、改变我们的测度指标

过去我们用得较多的测度指标是百分率，现在要用西格玛 (σ) 和钱来衡量。评价一个企业经营的好坏，大体上用这两个指标就可以了。如果你能做到六个西格玛，说明你的企业的劣质成本 (COPQ) 就处于一个较低的水平，只有销售收入的 5% 左右，可以说是一个世界级的企业。如果你只能做到三个西格玛的水平，那么你的企业管理水平就可想而知了，你的劣质成本占销售额的 40% ~ 50%，每销售 100 元钱有 40 ~ 50 元用来处理各种问题，天天忙于“救火”，这样经营下去，企业利润十分有限，企业生存的空间将越来越小，甚至破产乃至关门大吉。

二、改变我们的行为方式

六西格玛使我们做事的方法更准确、更有效率。过去

□ 六西格玛入门

我们做事是拍脑袋，想当然地处理问题，这种情形屡见不鲜。后来，当企业出了一个什么问题时，便把大家召集起来，采用头脑风暴法，从 5M1E 各个方面去分析，找出大大小小几十个甚至上百个原因（因子或因素），然后对每一个原因进行分析，找出对策，再去改善实施。但六西格玛比以上方式都更进了一步，能找出这些因素或因子的重要程度。通过 FMEA 分析和方差分析或者假设检验，甚至实验设计，将关键因素找出来，以采取有针对性的解决措施，这样，解决问题的手段将更加先进和科学。总的来说，六西格玛管理较重视量化管理，重视数据和统计分析，重视采用科学的方法去解决实际问题。

三、改变我们的价值取向

六西格玛管理是以项目为突破口的，每一个项目都是以财务收益来进行衡量的。通过六西格玛项目的实施，增强了企业团队的凝聚力，改变了企业的文化和企业的战略管理格局。从战略层面来看，企业站在了一个更高的水准去追求企业卓越的管理绩效，努力实现战略管理在企业管理中的突破。从战术层面来看，企业管理干部队伍建设将得到加强，企业员工的内部满意度和顾客满意度得到空前提升，企业的创新能力和盈利能力将大大加强，一个以六西格玛文化为核心的价值理念已经形成，企业将在激烈的市场竞争中，独占鳌头，成为一枝独秀。

本书在出版过程中得到了广东经济出版社赵世平先生及其同仁的大力协助和有关朋友的大力支持，在此深表谢意。由于时间仓促，书中有不妥之处，敬请读者批评指正。

文致怀

fhwen9888@163.com

2005 年 1 月于深圳

目 录

前 言	[1]
第 一 章 什么是 6Sigma	[1]
第一节 什么是改善 6Sigma 2	
一、以顾客为关注焦点 2	
二、用数据和事实驱动的管理方法 2	
二、进行流程管理 3	
四、主动管理 4	
五、无界限的合作 5	
六、追求完美，容忍失误 5	
第二节 什么是设计 6Sigma 6	
一、定义顾客要求 6	

六西格玛入门

二、进行概念设计 7

三、设计优化过程 8

四、设计验证 9

第二节 什么是改善 6Sigma 项目 9

一、改善 6Sigma 的项目选择矩阵 9

二、改善 6Sigma 项目选择的基本原则 10

三、改善 6Sigma 项目的选择标准 12

第三节 什么是设计 6Sigma 项目 14

一、确保设计 6Sigma 项目有效进行 14

二、确认项目的建立和范围 17

三、确认充分理解顾客要求 19

四、确认满足设计要求 21

五、设计项目验证和确认 22

六、实施商业化计划 24

第二章 什么是 6Sigma 项目管理 [27]

第一节 什么是 6Sigma 项目的范围管理 28

一、6Sigma 项目范围界定 28

二、6Sigma 项目范围选择及规划 29

三、6Sigma 项目调整与控制 30

第二节 什么是 6Sigma 项目的时间管理 31

一、6Sigma 项目计划 31

二、6Sigma 项目进度计划 32

三、6Sigma 项目的进度控制 33

四、6Sigma 项目活动排序 35

第三节 什么是 6Sigma 项目的成本管理 36

一、6Sigma 项目全过程成本管理 37

目 录

二、6Sigma 项目全生命周期成本管理	37
三、6Sigma 项目全面成本管理	37
四、6Sigma 项目成本控制	38
第四节 什么是 6Sigma 项目的风险管理	40
一、6Sigma 项目风险的典型领域	40
二、6Sigma 项目风险识别	41
三、6Sigma 项目风险分析	43
四、6Sigma 项目的风险控制	44

第三章 什么是 6Sigma 战略管理 [47]

第一节 什么是 6Sigma 的组织战略	47
一、6Sigma 组织结构	48
二、6Sigma 组织设计	49
三、6Sigma 组织规划	50
四、6Sigma 组织管理	51
第二节 什么是 6Sigma 的财务战略	52
一、6Sigma 企业利润最大化	52
二、6Sigma 股东利益最大化	53
三、6Sigma 投资风险最小化	53
四、6Sigma 资金周转率最大化	54
第三节 什么是 6Sigma 的研发战略	55
一、6Sigma 设计的研发战略	55
二、6Sigma 新产品开发战略	56
三、6Sigma 新产品技术转移战略	58
四、6Sigma 新产品技术定价的战略	59
五、6Sigma 新技术增加转移收益的战略	59
第四节 什么是 6Sigma 的竞争战略	60



□ 六西格玛入门

- 一、6Sigma 竞争的高市场占有率战略 60
- 二、6Sigma 竞争的低成本战略 61
- 三、6Sigma 竞争的差异化领先战略 62
- 四、6Sigma 竞争的集中优势战略 62
- 五、6Sigma 竞争的定点超越战略 63

第四章 什么是改善 6Sigma 模型 [65]

第一节 什么是 6Sigma 定义 (D) 66

- 一、问题及其分类 67
- 二、解决问题的基本思路 69
- 三、与顾客有关的问题 72
- 四、定义阶段的常用方法 74

第二节 什么是 6Sigma 测量 (M) 76

- 一、计量型数据和计数型数据 76
- 一、计量型测量系统分析 77
- 二、计数型测量系统分析 93
- 四、一次型测量系统分析 99
- 五、测量阶段的常用工具 104

第三节 什么是 6Sigma 分析 (A) 118

- 一、方差分析 118
- 二、假设检验 138
- 一、回归分析 158
- 四、分析阶段的常用工具 168

第四节 什么是 6Sigma 改善 (I) 181

- 一、 2^k 因子试验设计 182
- 二、分部因子试验设计 189
- 二、响应曲面设计 217



目 录

四、混料试验设计	233
五、田口试验设计	244
第五节 什么是 6Sigma 控制 (C)	254
一、正确区分技术问题和控制问题	254
二、正确区分过程是否受控	255
三、控制图的选用原则	258
四、控制图的应用	262
五、项目报告及标准化工作	266
第五章 如何进行 6Sigma 管理	[267]
第一节 如何进行 6Sigma 推行效果评估	268
一、6Sigma 经营层培训评估表	263
二、6Sigma GB/BB 培训评估表	269
三、6Sigma 基层员工培训评估表	270
四、6Sigma 管理效果评估表	272
第二节 如何进行 6Sigma 日常管理	277
一、××公司六西格玛实施管理办法	277
二、××公司黑市、绿市培训及资格管理办法	281
三、××公司六西格玛考核及项目成果	282
四、××公司项目收益核算管理办法	285



第一章

什么是 6Sigma

- ◆ 什么是改善 6Sigma
- ◆ 什么是设计 6Sigma
- ◆ 什么是改善 6Sigma 项目
- ◆ 什么是设计 6Sigma 项目

6Sigma 是一种先进的管理方法，是对过程进行衡量的标准。

第一节 什么是改善 6Sigma

改善 6Sigma 也是我们通常所说的 6Sigma，它是以 DMAIC 为改善模型的 6Sigma 管理方法。

一 以顾客为关注焦点

改善 6Sigma 以顾客为关注焦点，是顾客驱动型的改善方法。它同 ISO 9000/QS 9000 的质量管理体系认证的改善方法是一致的，持续进行改善，提高顾客的满意度和忠诚度，最终实现组织与顾客的双赢目标。

二 用数据和事实驱动的管理方法

改善 6Sigma 以数据和事实说话，对过程进行量化管理，确定过程基准，分析改善空间，研究改善方法，达到改善目标，表 1-1 是过程基准与 DPMO（每百万产品缺陷率）及过程能力 P 值的关系表：

表 1-1

过程基准	DPMO	过程能力	P 值
1	691500	0.33	0.3085
2	308537	0.667	0.6915

(续表)

3	66807	1	0.9332
4	6210	1.33	0.9938
5	233	1.667	0.99977
6	3.4	2	0.9999966

进行流程管理

改善 6Sigma 十分关注流程和过程管理。对于流程管理，精简不增值的过程，改善现有的过程，一步一步向 6Sigma 过程靠近，如下图 1-1 所示：

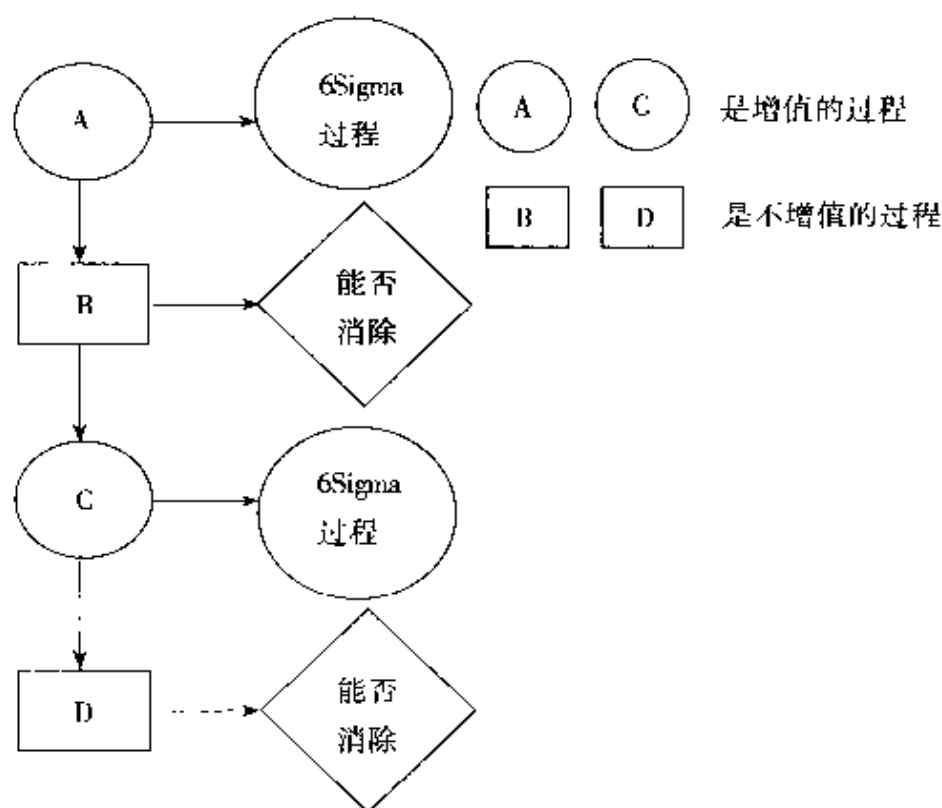


图 1-1

④主动管理

改善 6Sigma 强调发挥人的主观能动性，一味地墨守成规，只会被动挨打，只有充分发挥个人的主动性才会适应变革时代的要求。因此必须主动出击、化解危机、承担责任、推进改革，如下图 1-2 所示：

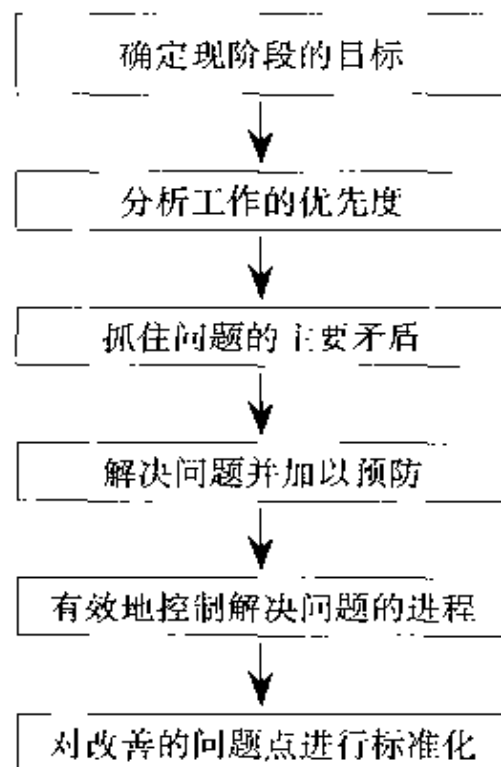


图 1-2

⑤ 无界限的合作

改善 6Sigma 强调项目团队的合作精神，只有无边界的合作，打破部门与部门之间的界限和组织内部的沟通障碍，营造一种和谐轻松、团结拼搏的氛围，为了一个共同的目标，才可能取得成功。如下图 1-3 所示：

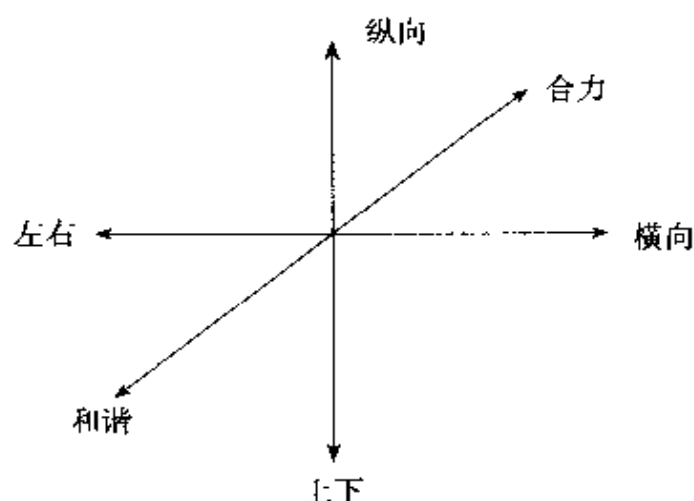


图 1-3

⑥ 追求完美，容忍失误

改善 6Sigma 也是变革的管理，尝试新事物和新方法必然会有失败的风险。但风险越大，回报可能越大。要敢于尝试，不去进行 6Sigma 管理变革，6Sigma 的目标是永远不会实现的。6Sigma 项目管理为我们进行 6Sigma 管理变革提供了舞

台，大胆探索，总结经验，学习先进组织的实践方法，不怕挫折，勇往直前。如下图 1-4 所示：

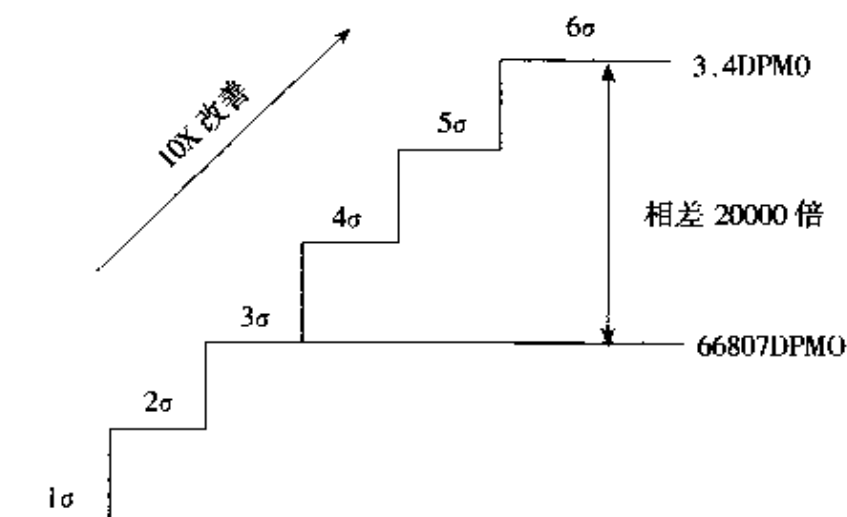


图 1-4

第二节 什么是设计 6Sigma

设计 6Sigma (Design For Six Sigma, 简称为 DFSS) 是对新产品和新服务进行 6Sigma 设计，使新产品和新服务完美地投放市场。

● 定义顾客要求

进行 6Sigma 设计，首先要确定顾客的要求。谁是我们的顾客？他们的要求是什么？什么是最重要的要求？什么是最大

的公差？你在设计项目中所扮演的角色？你的设计项目计划是什么？如下图 1-5 所示：

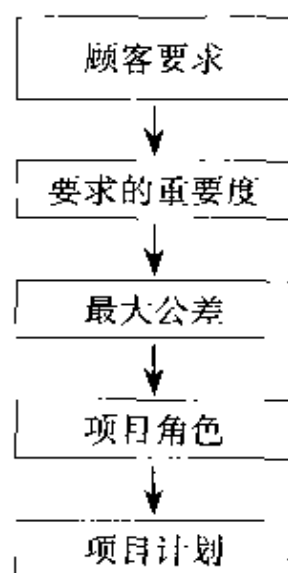


图 1-5

● 进行概念设计

确定顾客要求以后，要进行项目的概念设计。在设计过程中要考虑以下几点：解决设计问题的方案是什么？什么是最好的解决问题的方案？什么是关键的输入？什么是功能相关性？如何用数据支持 6Sigma 设计？普氏(Pug's)概念设计的选择矩阵，如下表 1-2 所示：

表 1-2

概念设计										
顾客需求	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

备注：S 与标准一样；+ 比标准性能要好；- 比标准性能要差。

设计优化过程

进行了概念设计之后，应对设计方案进行优化。输入变量的灵敏度如何？环境因素的影响如何？制造规格如何？过程能力怎样？设计项目的可靠性如何？如下图 1-6 所示：

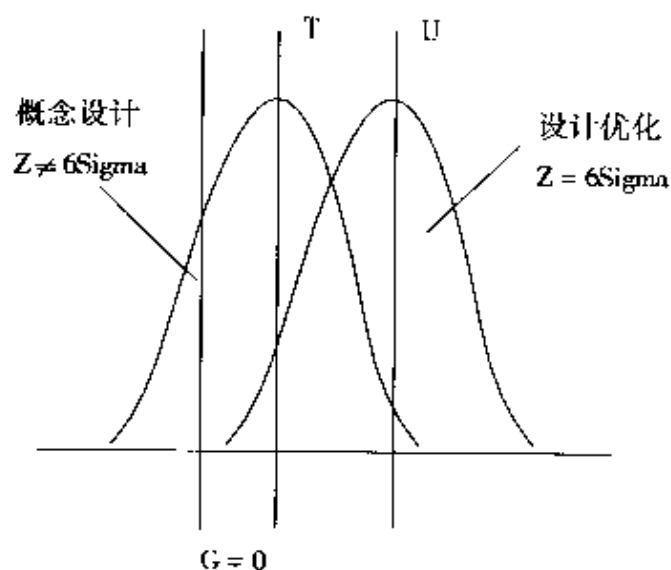


图 1-6

④ 设计验证

在进行设计验证时，要确定设计产品的过程能力。过程的稳定性如何？什么是应该控制的关键因子？什么是设备方面应该控制的地方？当控制超出界限时应该如何采取行动？如下图 1-7 所示：

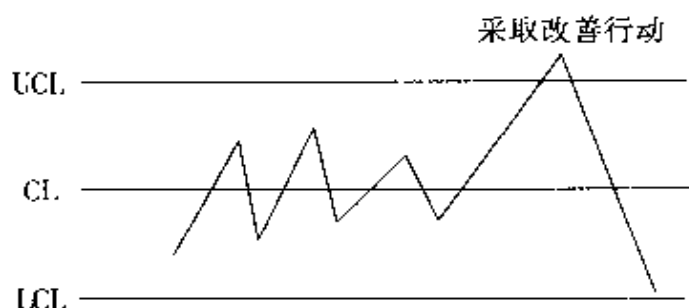


图 1-7

第三节 什么是改善 6Sigma 项目

改善 6Sigma 项目是以 6Sigma 为原理，应用项目管理方法，对过程或流程进行项目改善。

● 改善 6Sigma 的项目选择矩阵

改善 6Sigma 的项目选择是以项目的决策矩阵来进行的，



它包括项目资源、项目完成所需的时间、项目与业务的相关性等内容，如下表 1-3 所示：

表 1-3

项目 名称	项目资源 (10)	项目所需时间 (10)	业务相关性 (9)	成功机会 (9)	项目 优先度值
A	9	8	7	6	3024
B	3	2	1	7	42
C	4	3	6	5	360
D	1	2	3	4	24
E	5	8	9	6	2160
F	4	2	3	1	24
H	6	9	8	4	1728
I	1	6	5	3	180
J	2	7	4	1	56
K	3	2	6	7	252

由上表可知：A 是优先实施的项目，E 次之，再次是 H 项目。

●改善 6Sigma 项目选择的基本原则

改善 6Sigma 项目选择的基本原则有绩效原则、因果原则和优化原则。

1. 绩效原则

根据绩效原则，评估项目实施前的绩效，确定项目改善的

空间，以此确定项目实施所需的资源。如下图 1-8 所示：

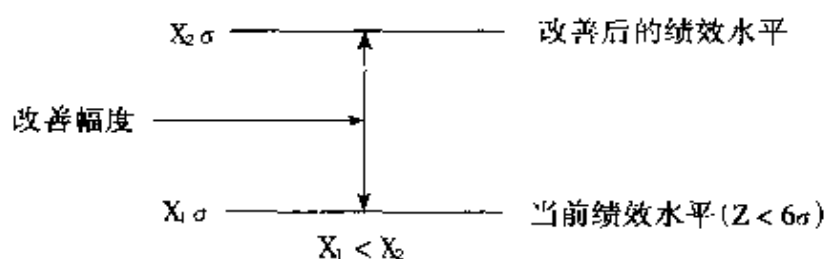


图 1-8

2. 因果原则

因果原则是指无法对问题的原因进行正确的解释，以致问题重复发生，严重影响过程绩效。如下图 1-9 所示：

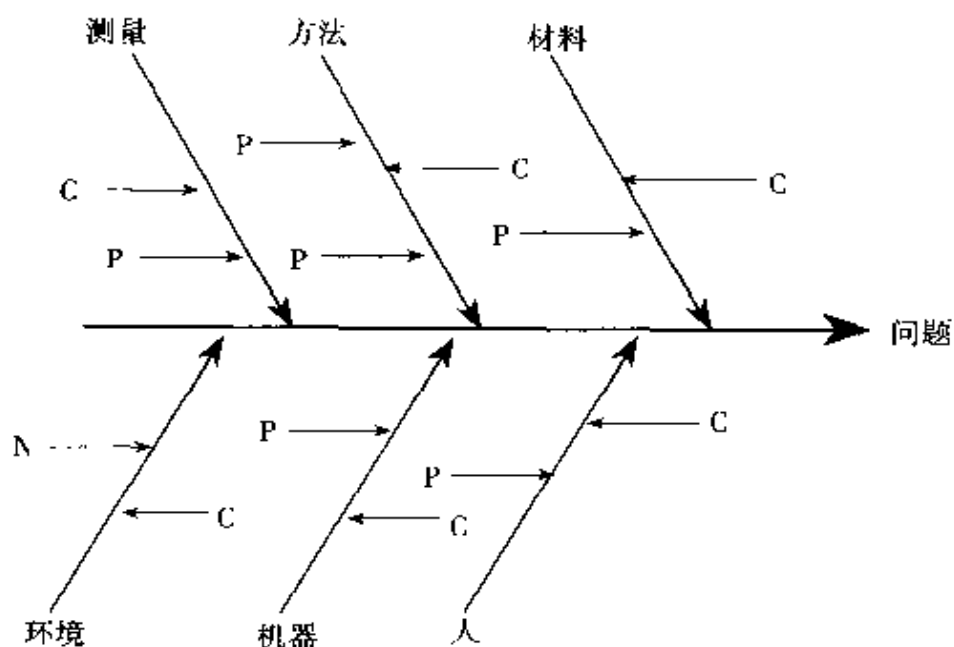


图 1-9

3. 优化原则

根据优化原则，判断过程是不是最优的。如不是最优，那存在的问题在哪里？进一步改善优化能否使组织的业绩得到提升？如下图 1-10 所示：

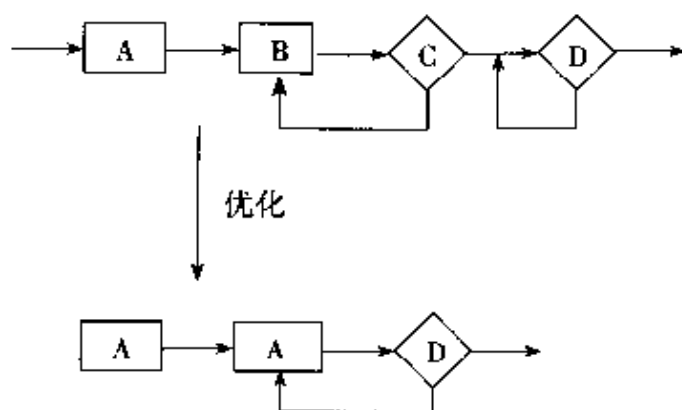


图 1-10

●改善 6Sigma 项目的选择标准

改善 6Sigma 项目的选择标准有财务标准、可行性标准和组织标准。

1. 财务标准

6Sigma 项目实施能给组织带来多大的利润和多少的投资回报率，根据 6Sigma 项目实施的经验，取决于成本、效率、销售额和市场份额等。如下图 1-11 所示：

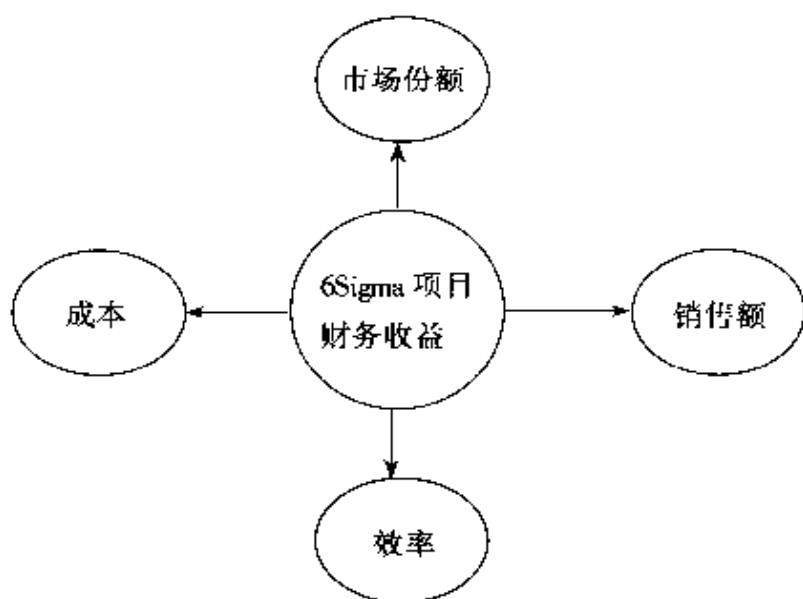


图 1-11

2. 可行性标准

6Sigma 项目是否可行，具体从所需资源、技术条件、复杂性、成功的可能性、配合度情况来评价，如下表 1-4 所示：

表 1-4

可行性标准	具体内容
资源	主要是资金、人力和时间
技术条件	所需的知识和技能
复杂性	项目复杂程度
成功的可能性	项目成功的可能性有多大
配合度	各部门的支持与配合情况

3. 组织标准

组织标准是指从 6Sigma 项目中得到的经验和教训，指导组织进一步提升业绩。如下表 1-5 所示：

表 1-5

组织标准	具体内容
顾客满意度	项目实施对顾客的影响如何。
业务策略	项目与组织的战略意图能否实现、竞争能力能否提升。
学习型组织	通过项目实施能否给组织带来新的知识。
文化变革	项目实施能否促使组织内部创新变革。
团队精神	项目实施能否提升组织的团队合作和开拓精神。

第四节 什么是设计 6Sigma 项目

设计 6Sigma 项目是以 6Sigma 设计方法进行新产品或新的服务设计而实施的 6Sigma 项目。

●确保设计 6Sigma 项目有效进行

为确保设计 6Sigma 项目的实施，必须在概念设计、市场



调查、多阶段计划、项目资源方面做充分的准备。

1. 概念设计

明确顾客要求和过程要求，创造性地进行概念设计，构思新产品或新的服务流程，如图 1-12 所示：

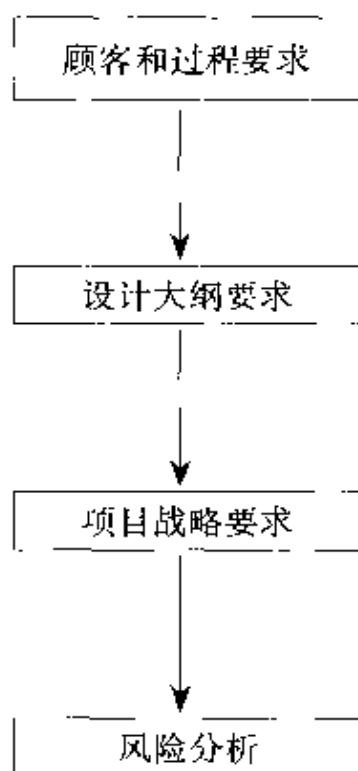


图 1-12

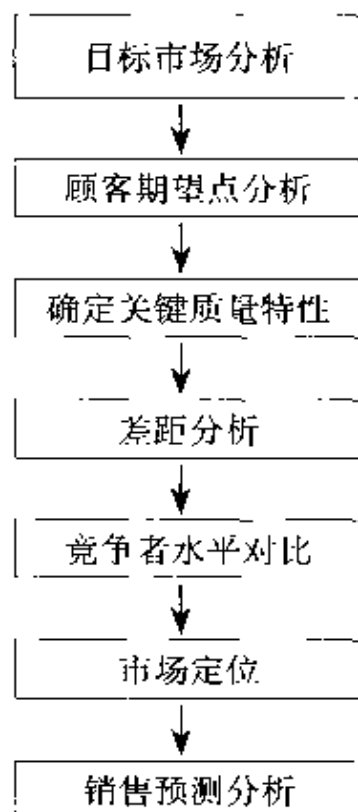


图 1-13

2. 市场调查

新产品或新服务项目实施，首先要掌握好市场信息的第一手资料，尽量通过多种媒介，获取必要的市场信息。这是 6Sigma 设计项目成功的关键，如图 1-13 所示：



3. 多阶段计划

分阶段实施项目计划，须制定详细的项目实施阶段计划，如图 1-14 所示：

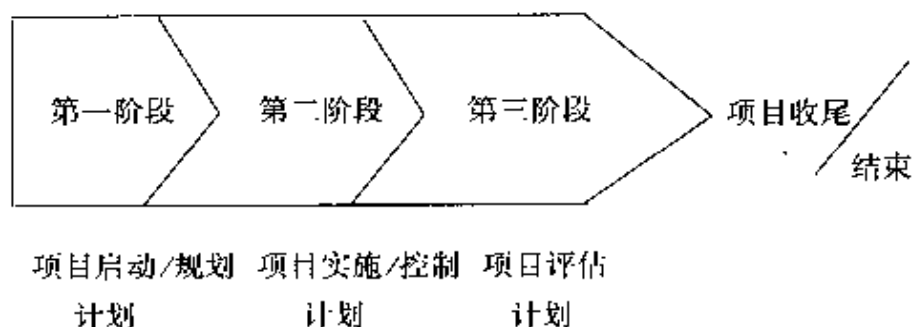


图 1-14

4. 项目资源

6Sigma 设计项目实施，离不开项目资源做保证。为此，必须做好项目资源规划，在财力、物力、人力与时间上给予充分的保证。如图 1-15 所示：

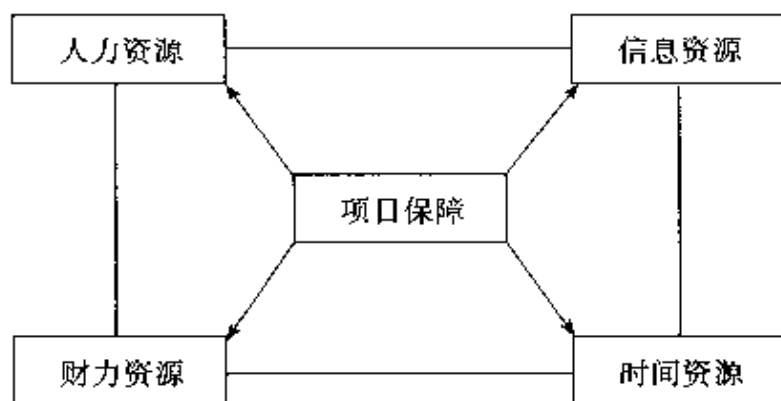


图 1-15



● 确认项目的建立和范围

确认项目的商务战略、项目范围和顾客要求，是 6Sigma 设计项目关注的问题。

1. 项目的商务战略

新产品能否投入市场并赢得商业利益，是项目关注的焦点。因此，在项目的商务战略阶段应进行新产品全局分析。如图 1-16 所示：

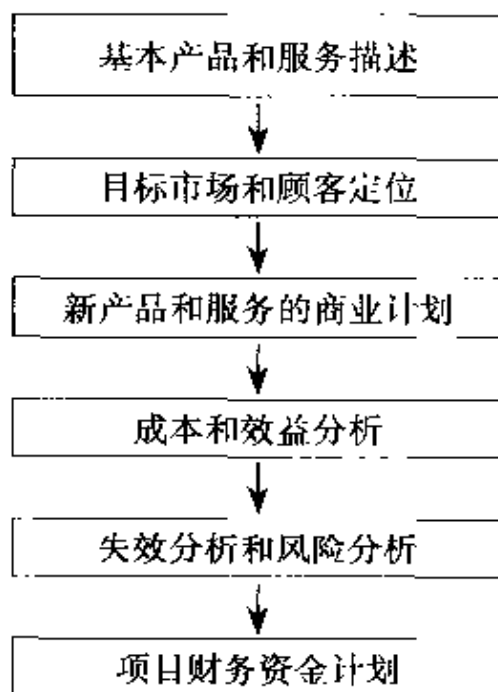


图 1-16

2. 项目范围

要清晰地界定 6Sigma 项目范围，合理地把握项目进度，



积极推动项目实施。如下图 1-17 所示：

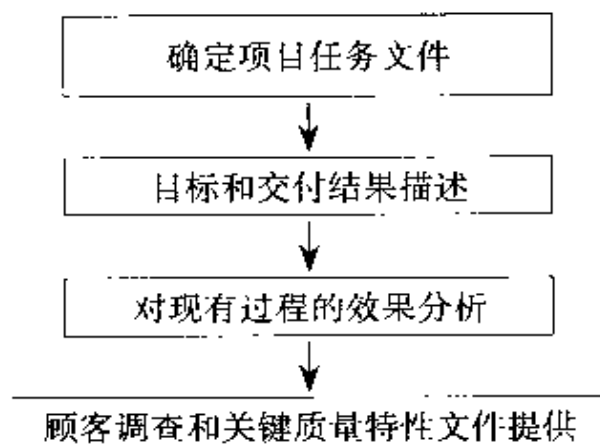


图 1-17

3. 项目团队

6Sigma 设计项目，要有一支过硬的项目团队，在项目经理的领导下开展工作，建立项目团队，确定项目计划，是 6Sigma 项目之初所必须开展的工作。如下图 1-18 所示：

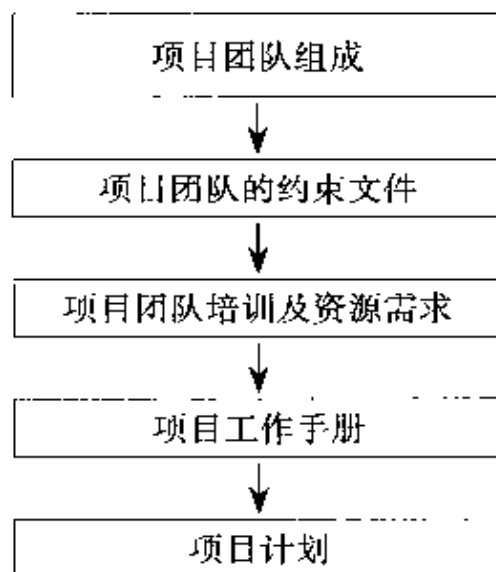
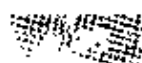


图 1-18



㊟ 确认充分理解顾客要求

确认充分理解顾客要求是这一阶段的核心任务。对项目管理、关键质量特性（CTQ）的量度和风险分析做充分的考虑，使顾客的要求得到充分的满足。

1. 项目管理

6Sigma 设计项目要对顾客的调查结果进行充分的评价分析，确认 6Sigma 设计项目是否符合顾客的要求，是否满足新产品和服务设计的过程能力。如下图 1-19 所示：

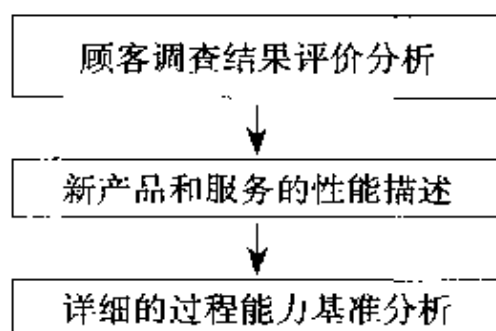


图 1-19

2. 关键质量特性的量度

关键质量特性的量度是 6Sigma 设计项目的起点，通过质量功能展开（QFD）分析和顾客需求树分析，确定关键质量的重要度。如下图 1-20 所示：

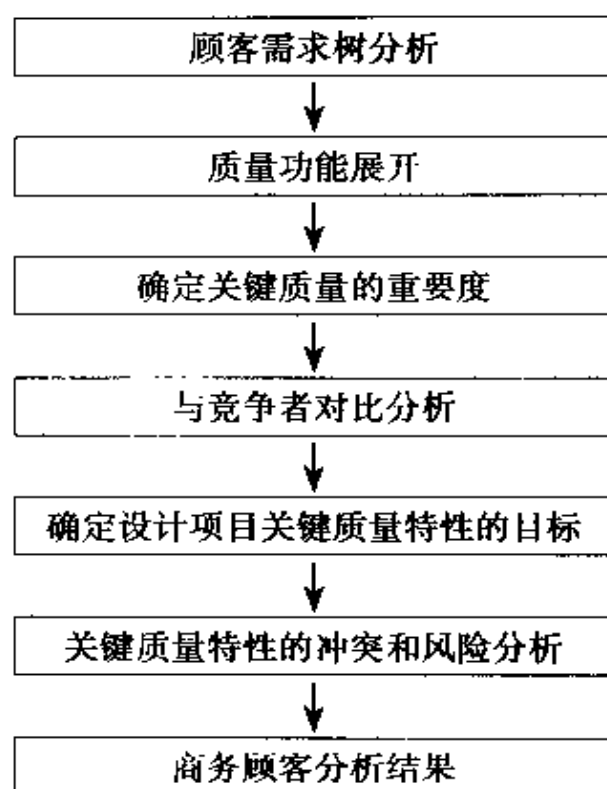


图 1-20

3. 风险分析

6Sigma 设计项目在设计阶段，要做潜在失效和影响分析（FMEA）及故障树分析（FTA），使新产品设计的风险系数降到最低。如下图 1-21 所示：

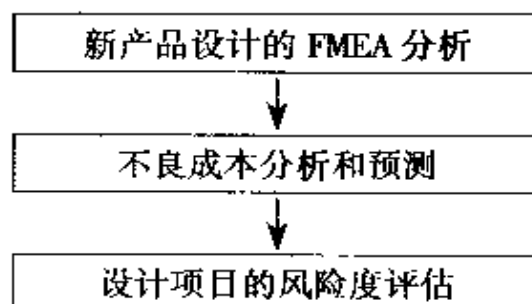


图 1-21

④ 确认满足设计要求

在设计阶段，要确认功能和过程满足 6Sigma 设计要求，在概念设计的基础上进一步完善过程性能。

1. 功能要求

新产品和服务的设计，首先要满足新产品和服务的功能要求，通过 QFD 使上述设计产品功能——满足顾客要求。如下图 1-22 所示：

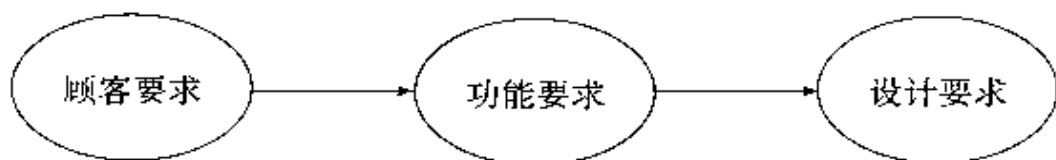


图 1-22

2. 完善概念设计

进一步完善新产品的概念设计，将新产品和服务进行详细描述，制定完整的设计规范。如图 1-23 所示：

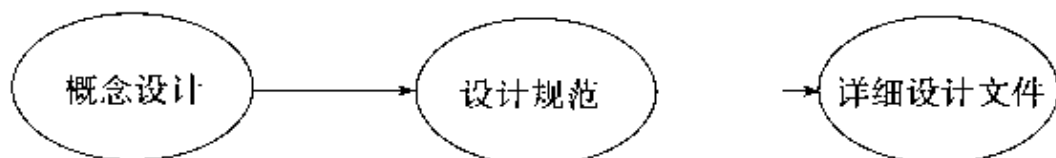


图 1-23

3. 过程能力评价

为使过程能力满足 6Sigma 要求，需做进一步的过程能力改善设计。如下图 1-24 所示：

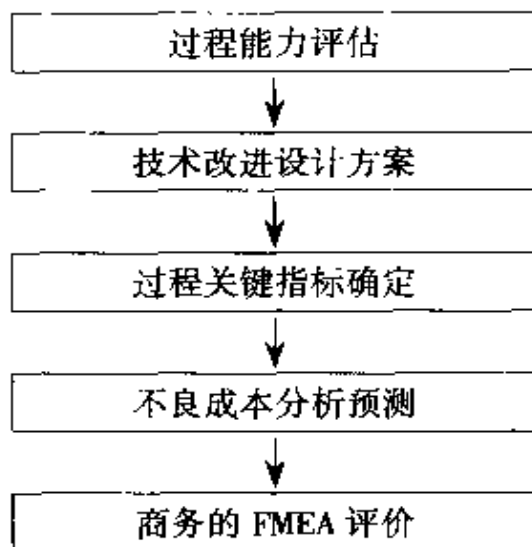


图 1-24

⑤ 设计项目验证和确认

在设计项目验证和确认阶段，分析设计项目的设计和开发是否成功。为此，要在技术设计、模拟评价、初步的控制计划方面进行系统规划。

1. 技术设计

在进行技术设计时，对各参数进行优化，使设计的新产品在质量和成本方面达到最优。如下图 1-25 所示：

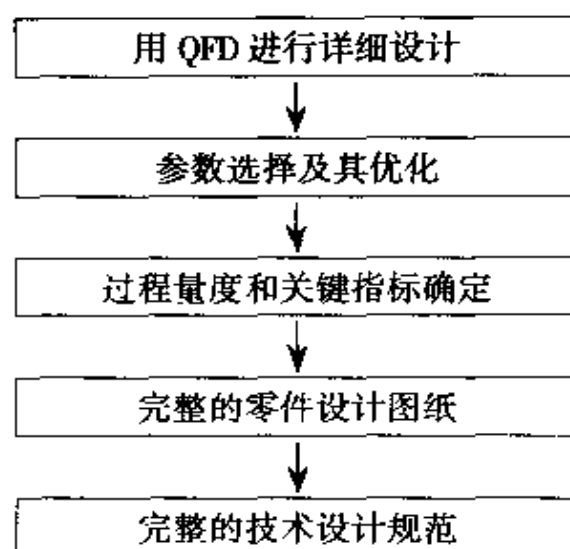


图 1-25

2. 模拟评价

用计算机模型模拟设计的新产品和服务，并对模拟结果进行评价。如图 1-26 所示：

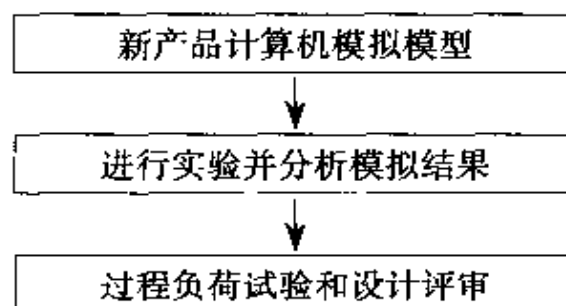


图 1-26

3. 初步的控制计划

为对设计的新产品实施有效控制，要制定新产品的质量控制计划，从设计到制造过程确保新产品和服务的质量。如图 1-27 所示：

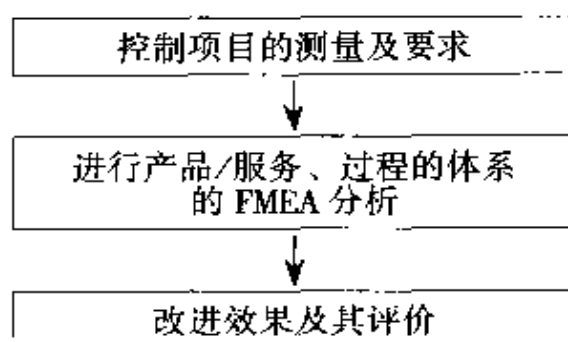


图 1-27

六 实施商业化计划

进一步完善新产品的设计开发，加速实施商业化计划步伐，使新产品和服务如期投放市场。

1. 小批量试验研究

进入小批量中试阶段，进一步完善新产品设计，提高新产品的可靠性，满足商业化要求。如图 1-28 所示：

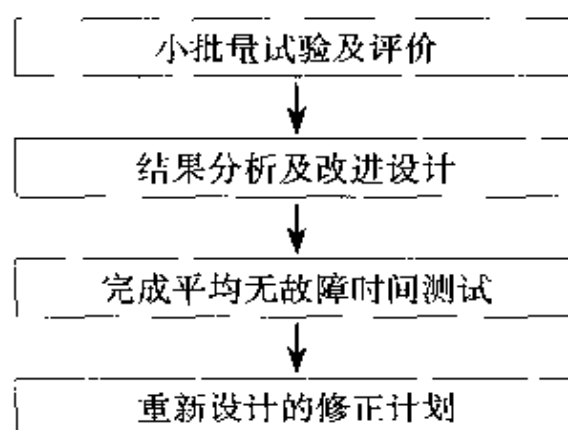


图 1-28

2. 实施商业化计划

在小批量新产品中试的基础上，进一步完善商业化计划，为大批量投产做准备。如下图 1-29 所示：

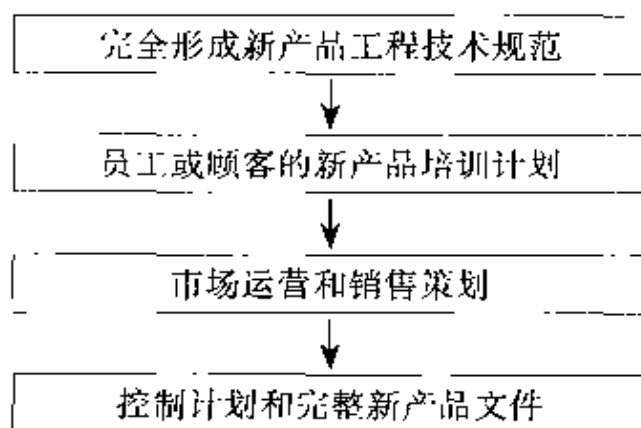
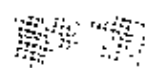


图 1-29



第二章

什么是 6Sigma 项目管理

- ◆ 什么是 6Sigma 项目的范围管理
- ◆ 什么是 6Sigma 项目的时间管理
- ◆ 什么是 6Sigma 项目的成本管理
- ◆ 什么是 6Sigma 项目的风险管理

6Sigma 项目管理是 6Sigma 实施成功的关键。6Sigma 管理是始于项目而终于项目的。

第一节 什么是 6Sigma 项目的范围管理

6Sigma 项目范围管理对项目的大小及工作边界做清楚的界定，以确定项目所要达到的目标和任务。

● 6Sigma 项目范围界定

6Sigma 项目范围是指交付具有所指特征和功能的产品所必须做的工作。

1. 项目的 CTQ

影响项目成功的因素很多，为达到 6Sigma 项目的目标，必须确定项目所需达到的 CTQ。

2. 项目的目标

6Sigma 项目的目标是指项目成功所必须满足的某些数量标准。具体包括 6Sigma 项目实施后所需达到的财务指标、客户满意度、内部过程能力和组织素质提升等量化指标。

3. 项目的交付成果

6Sigma 项目交付成果是一份主要的、有层次的 6Sigma 项目报告，它应该包括 6Sigma 项目实施过程及取得的项目成果和实际收益。



●6Sigma 项目范围选择及规划

6Sigma 项目范围选择也就是 6Sigma 项目选择, 6Sigma 项目范围规划是说明实施该项目的必要性。

1. 6Sigma 项目启动

6Sigma 项目启动是确定 6Sigma 管理在组织内部的正式运作, 标志着一个企业的管理已进入一个新的时代。

①顾客的呼声。为提高顾客满意度和忠诚度, 企业的产品和服务必须满足日益苛刻的质量要求, 为此企业要勇于变革。

②市场的变化。同类产品和替代品的不断出现抢占了企业原有的市场份额, 因此, 企业要有高的市场份额, 就必须不断开拓市场, 开发新产品和服务, 迎合顾客的期望。

③竞争的要求 随着全球化的发展, 竞争愈演愈烈, 要在强手如林的企业竞争中站稳脚跟, 就必须适应新形势, 提高企业内部的运营能力, 提高竞争力。

2. 6Sigma 项目启动的投入

6Sigma 项目启动需要合理的投入, 在资源上一定要尽量满足企业 6Sigma 项目的实施。

①项目培训。在 6Sigma 项目实施初期, 要进行 6Sigma 管理培训, 使人们形成 6Sigma 的管理理念, 以指导具体的工作和实践。

②资源准备。在 6Sigma 项目实施中, 给项目组配备必要的人力、物力、财力资源, 以利 6Sigma 项目的顺利实施。

③战略计划。6Sigma 项目都应服从组织的战略目标, 实施



组织的战略计划应该作为项目选择决策的一个因素来考虑。

④项目选择准则。6Sigma 项目选择准则一般由项目的产品来决定，涉及所有可能的管理因素，如财务回报率、市场占有率、品牌形象等。

3. 6Sigma 项目范围规划

6Sigma 项目范围规划是 6Sigma 项目实施后所应取得的成果。

①项目的结果。通过 6Sigma 项目实施，企业内部过程能力的 6Sigma 值，由原来的多少 6Sigma 变到现在的多少 6Sigma。

②项目的财务收益。通过 6Sigma 项目实施所产生的预期财务收益。

③项目的无形收益。通过 6Sigma 项目实施给组织文化所带来的收益及 6Sigma 管理的价值观和核心竞争力。

6Sigma 项目调整与控制

6Sigma 项目也是变化的。根据实际情况，对 6Sigma 项目进行调整，是组织根据实施战略而做出的，因此 6Sigma 项目应保持弹性，适时作出变动。

1. 项目管理机制的建立

建立 6Sigma 项目管理机制，对项目进行跟踪管理，定期收集有关项目实施情况报告，发现差异，及时采取纠正措施并形成文件和程序，以利 6Sigma 项目的顺利实施。

2. 项目实施情况的测量

对 6Sigma 项目实施进度进行测量评估，识别已发生变动

的原因，以决定是否要采取相关措施对项目计划进行重新安排或调整。

第二节 什么是 6Sigma 项目的时间管理

6Sigma 项目的时间管理是对项目进度的管理。换言之，就是制定项目计划，确定 6Sigma 项目各阶段的任务和时间，对活动所需资源进行分析并制定项目进度计划，以形成对项目进度的管理和控制。

●6Sigma 项目计划

6Sigma 项目计划是 6Sigma 管理实施的纲领性文件。其文件格式如表 2-1 所示：

表 2-1

项目名称		部门	
BB		项目 CTQ	
MBB		当前过程能力 (σ)	
问题综述：			
项目陈述：			
项目范围：			

(续表)

项目规划:				
资源/团队成员:				
预期利益 (财务收益):				
签名	总经理		MBB	
	项目经理		BB	

从上表可知,项目规划是 6Sigma 实施的具体计划,包含每一阶段活动所需的具体时间。

6Sigma 项目进度计划

根据 6Sigma 项目计划,确定 6Sigma 项目实施的具体进度计划,一般 6Sigma 项目(改善)的进度计划如表 2-2 所示:

表 2-2

序号	任务内容	7 月				负责人
		1~5	7~12	14~19	21~26	
1	定义阶段	▼ ▼计划 ▼ ▼实际				张三
2	测量阶段		▼	▼		李四
3	分析阶段			▼▼	▼	王五



4	改善阶段	▼▼	刘大
5	控制阶段	长期执行 ———▶	陈全

从表 2-2 可以看出,项目进度计划与实际是有差异的,因此需对项目进度进行控制。

● 6Sigma 项目的进度控制

对 6Sigma 项目的进度控制,首先应作好规划,就是需确定好项目进度目标;其次要作好控制,掌握项目进展的最新情况,发现情况,及时采取措施。如图 2-1 所示:

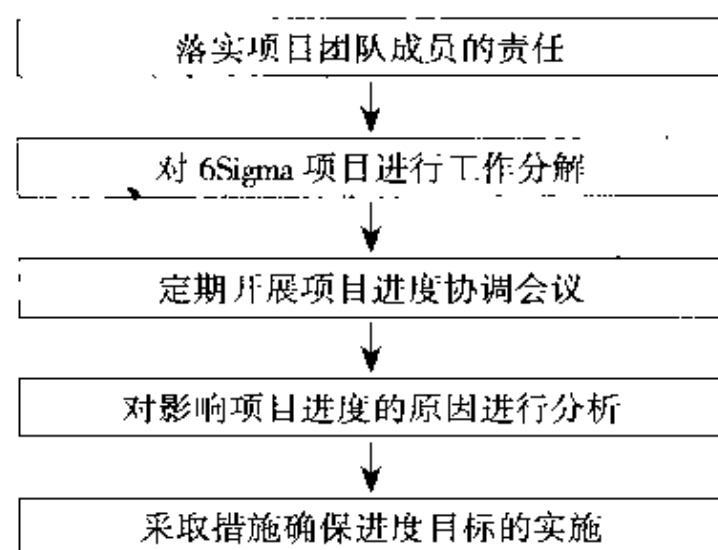


图 2-1

6Sigma 项目控制方法包括定期收集项目完成情况的数据,将实际完成情况数据与计划进程进行比较,一旦项目计划偏离

目标值，就应该采取纠正措施，使项目能如期完成。如图2-2所示：

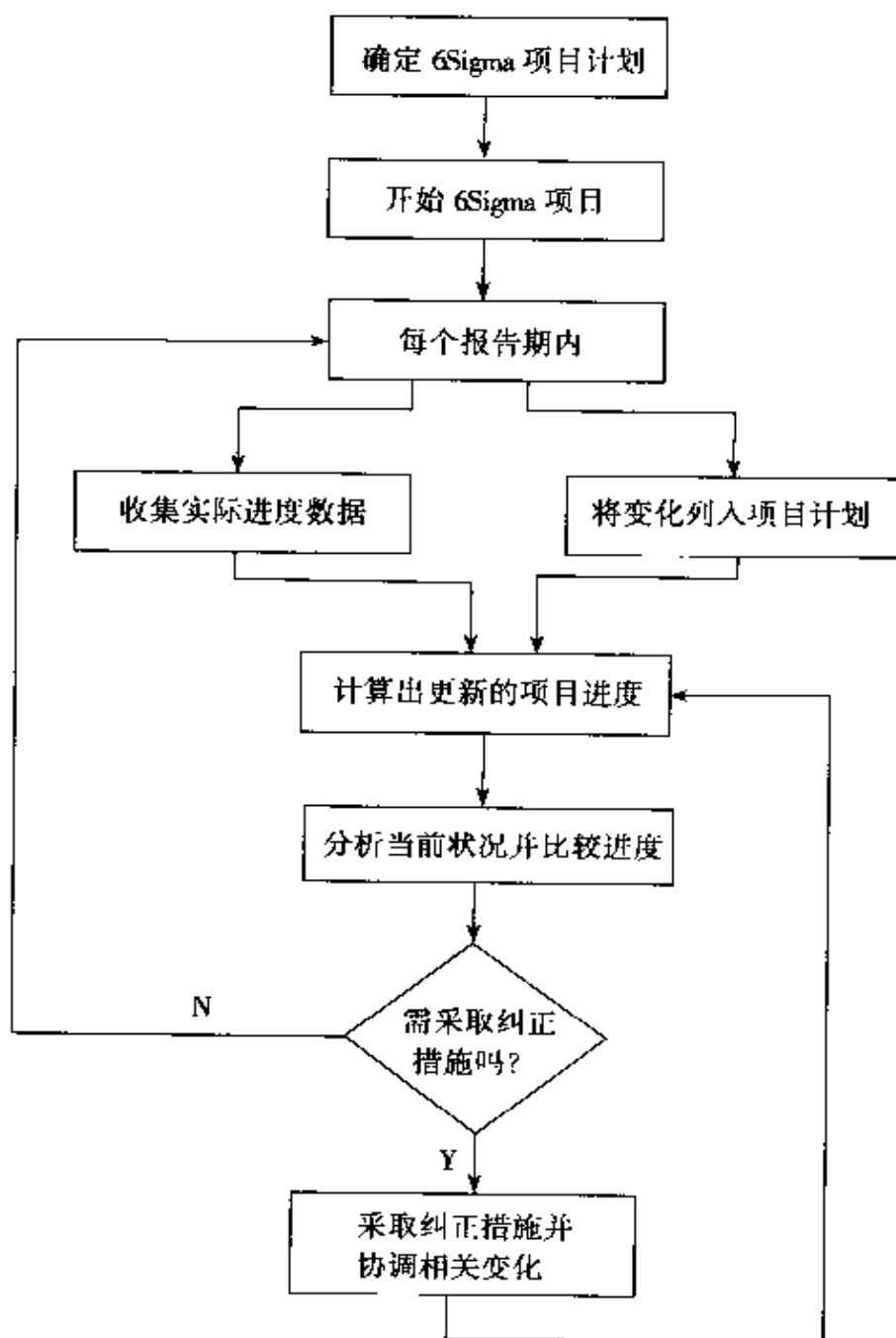


图 2-2

④ 6Sigma 项目活动排序

6Sigma 项目活动排序是根据各阶段工作任务所确定的项目活动排序。项目活动排序有顺序图法和箭线图法。

1. 顺序图法

顺序图法（PDM）也叫单节点网络图法（AON），这是一种编制项目网络图的方法，它用单个节点表示一项活动，用节点之间的箭线表示项目活动之间的相互关系。如图 2-3 所示：

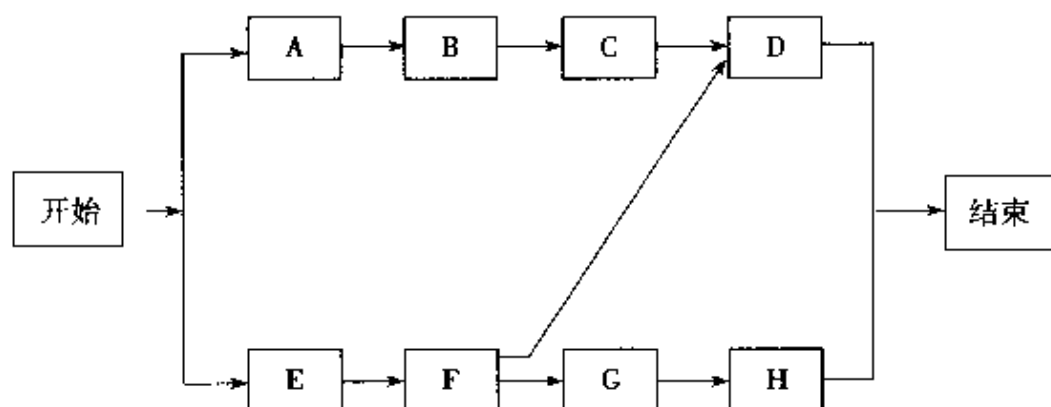


图 2-3

2. 箭线图法

箭线图法（ADM）也是一种描述项目活动顺序的网络图方法。这一方法用箭线代表活动，而用节点代表活动之间的联系和相互依赖关系。如图 2-4 所示：

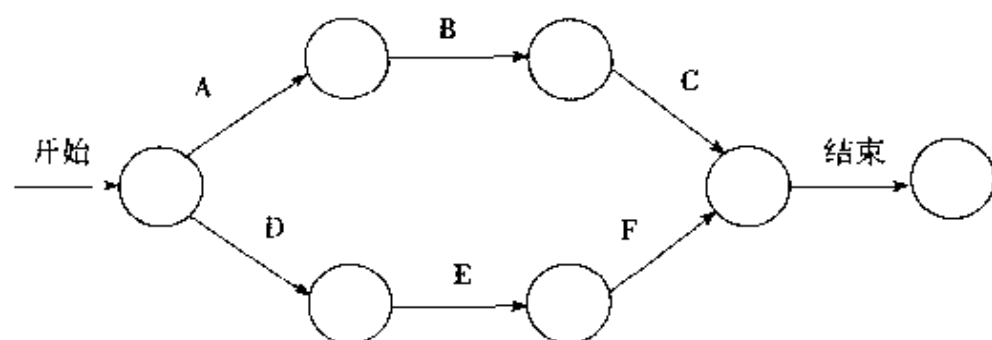


图 2-4

3. 6Sigma 项目及其活动安排

6Sigma 项目的实施有时会与实际工作相冲突，因此 6Sigma 项目活动的安排应尽量避免与日常工作相矛盾。项目经理要与相关部门做好沟通，在确保日常工作正常运作的前提下，各相关部门应积极配合 6Sigma 项目的实施。要做好广大员工的思想工作，改善或多或少会影响到个人的利益，因此要尽量化解矛盾，避免纠纷，既要保证 6Sigma 项目的顺利实施，又要确保日常工作不受影响，使改善与日常工作并举。

第三节 什么是 6Sigma 项目的成本管理

6Sigma 项目成本管理是对已批准的项目在项目预算范围内完成项目的过程。它包括项目全过程、项目全生命周期和项目全面成本管理的理论和方法。



●6Sigma 项目全过程成本管理

在 6Sigma 项目实施的全过程中控制项目成本不超过预算，首先需合理界定项目成本本身，其次要使项目成本不超过概算，合理利用资源，全方位、全过程的进行成本管理。

●6Sigma 项目全生命周期成本管理

6Sigma 项目全生命周期成本（Life Cycle Costing）要考虑计算整个服务期的所有成本，包括直接的、间接的、社会的、环境的等。项目全生命周期成本管理是一种实现项目全生命周期总成本最小化的管理方法。

●6Sigma 项目全面成本管理

6Sigma 项目的全面成本管理就是通过有效地使用专业知识和专门技能去计划和控制项目资源、成本、盈利和风险。项目全面成本管理主要包括以下几个阶段的工作：

- (1) 发现需求和机遇阶段相关的项目成本管理工作。
- (2) 说明目的、使命、目标、指标、政策和计划阶段相关的项目成本管理工作。
- (3) 确定具体要求和确定管理技术的阶段相关的项目成本管理工作。
- (4) 评估和选择项目方案的阶段相关的项目成本管理工作。

(5) 根据选定方案进行初步项目开发与设计阶段相关的项目成本的管理工作。

(6) 获得设施和资源的阶段相关的项目成本管理工作。

(7) 实施阶段相关的项目成本管理工作。

(8) 完善和提高阶段相关的项目成本管理工作。

(9) 退出服务和重新分配资源阶段相关的项目成本管理工作。

(10) 补救和处置阶段相关的项目成本管理工作。

④ 6Sigma 项目成本控制

6Sigma 项目成本控制是在项目实施过程中通过对项目成本管理, 尽量使项目实际成本控制在计划和预算范围内。随着项目的进展, 不断修正成本估算, 并对项目成本进行预测。及时分析项目成本的实际绩效, 尽早发现项目成本的偏差和问题, 以便在情况变坏之前能够及时采取行动。

1. 6Sigma 项目成本管理绩效报告

6Sigma 项目成本管理绩效报告是反映项目预算实际执行情况的报告, 是评价项目绩效的重要报告。如表 2-3 所示:

表 2-3

项目阶段	预算	实际成本	差异数额	原因分析
D 阶段				
M 阶段				
A 阶段				

(续表)

I 阶段				
C 阶段				
合计				

2. 6Sigma 项目成本管理计划

制订 6Sigma 项目成本管理计划文件, 做好项目成本控制的计划和安排, 利用计算机软件加强对项目成本计划的管理, 实时分析项目成本的执行情况, 加强网络数据共享和上下级信息沟通, 使项目团队对项目进度、预算作出评估, 以提高应变能力, 使 6Sigma 项目成本控制在理想的范围之内。如下图 2-5 所示:

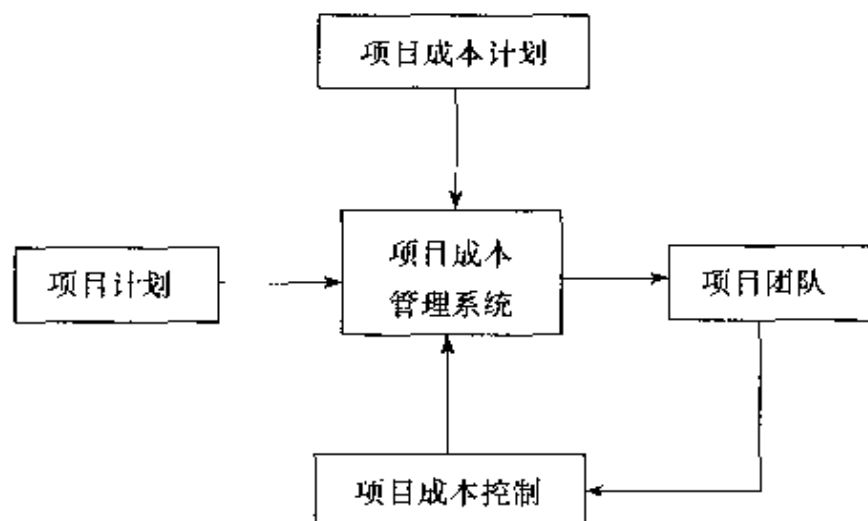


图 2-5

第四节 什么是 6Sigma 项目的风险管理

6Sigma 项目风险管理是识别和评估风险，建立、选择管理和解决风险的可选方案的组织方法。在 6Sigma 项目中，通过风险管理在项目期间识别、分析风险因素，同时采取必要的决策和对策措施。

● 6Sigma 项目风险的典型领域

6Sigma 项目风险存在于成本、计划、质量和人中，成本风险即是否超出项目预算资金，计划风险即是否可按时完成预定计划，质量风险与管理有关，人的风险涉及到项目的实施者。如表 2-4 所示：

表 2-4

人	成本	计划	质量
缺乏主动性和团队精神	劳动力过多	交货延误	劳动者素质差
组织结构	物耗过多	错过市场机会	细节没完成
制定决策的责任	供给过量	错过有利的途径	违反纪律
决定如何分配工作	罚款、没按合同交货	超期	技术水平低

●6Sigma 项目风险识别

通过分析风险来源，利用检查表和流程图等手段来识别可能存在的风险。运用潜在损失一览表，把项目面临的损失找出来。如表 2-5 所示：

表 2-5

项目类别	风险类别	潜在损失内容

项目常见的风险可能都会遇到，因此，识别常见的风险也十分必要。如表 2-6 所示：

表 2-6

项目管理阶段	常见风险
领导	没有高层管理支持 团队成员经常变动 没有团队合作精神 沟通不够 没有客户参与 项目经理权力有限

(续表)

定义	项目范围界定不清 目标不清晰 技术难度大 顾客要求不清楚 工作描述不全面 目标不现实
计划	成本预算不精确 时间预算不精确 项目计划不完整 工作分类结构不全面 项目流程不清晰 资源分配不准确 计划不现实
组织	通信基础设施不完善 缺少资源 没有制订 SOP 文件 任务分配不明确 资源较难获得 项目软件选择失误
控制	项目管理步骤少 对变化没有进行影响分析 项目计划不灵活 市场变化太快 项目估计不足 没有能力采取正确的行动

(续表)

收尾	项目评估不准确 不能取得成果 项目任务没有按期完成 没有形成项目报告
----	---

● 6Sigma 项目风险分析

6Sigma 项目风险分析，首先要对风险过程进行量化，我们用量化矩阵对事件进行量化分析。如表 2-7 所示：

表 2-7

风险系数	
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	
0.6	
0.7	
0.8	
0.9	
1.0	

蒙特卡罗计算机模拟也是常用的风险分析方法，从概率分布中随机取一个值与其他变量联系起来进行分析。如图2-6所示：

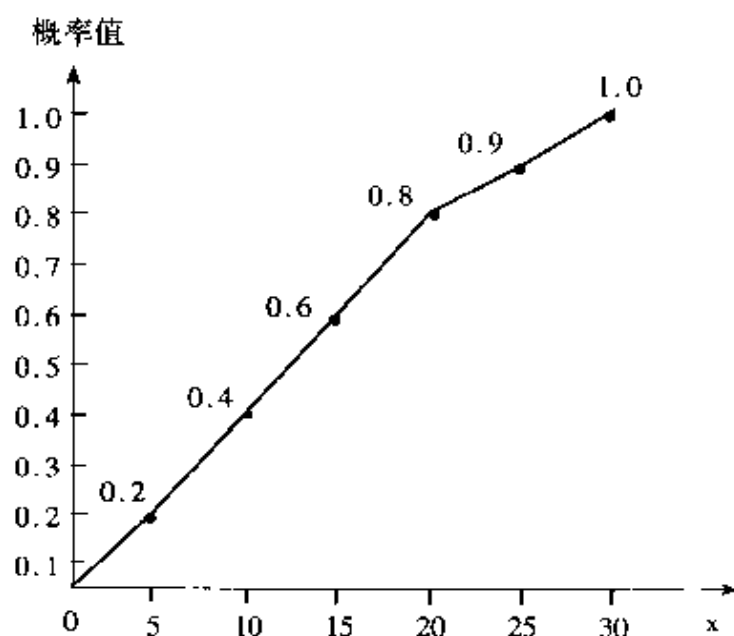


图 2-6

④6Sigma 项目的风险控制

风险被识别和量化之后，必须制定控制风险的计划，进行风险管理，以规避风险。

1. 制订风险管理计划

根据项目阶段，确定风险过程，评价事件，并自制定风险控制计划。如表2-8所示：

表 2-8

项目阶段	可能的风险事件	评价事件	控制计划	完成日期	负责人
D 阶段					
M 阶段					
A 阶段					
I 阶段					
C 阶段					
项目收尾 及评价					

2. 风险控制

首先要采取风险规避的策略，根据风险性质、风险发生的概率和风险后果大小采取积极的应对策略，降低风险发生的可能性和减少风险后果的不利影响。其次要采取有效手段预防风险的发生，转移风险和规避风险，减少风险的影响。

使用有效的预警系统，判断项目执行情况与计划的差距，及时采取纠正措施。采用系统的项目管理方法，做好应急计划，识别和分析风险。改进过程，不断提高质量，重新制定工作过程，使风险系数减到最低程度。



第三章

什么是 6Sigma 战略管理

- ◆ 什么是 6Sigma 的组织战略
- ◆ 什么是 6Sigma 的财务战略
- ◆ 什么是 6Sigma 的研发战略
- ◆ 什么是 6Sigma 的竞争战略

6Sigma 战略管理是企业管理的重要一环，越来越多的企业需要 6Sigma 战略管理，以适应新形势下的竞争态势。

第一节 什么是 6Sigma 的组织战略

6Sigma 管理成为企业竞争致胜的法宝，6Sigma 战略管理成为企业整体战略的一个组成部分，6Sigma 组织战略是组织实施 6Sigma 战略的标志体现。

●6Sigma 组织结构

为实现组织的规定目标和协调组织内部的 6Sigma 活动，必须成立一个由专人负责 6Sigma 组织，其结构如图 3-1 所示：

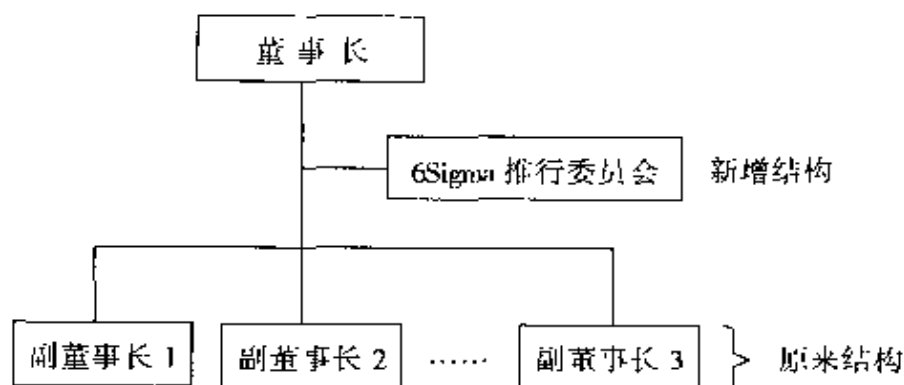


图 3-1

6Sigma 推行委员会直接向董事会或董事长负责，负责企业



的 6Sigma 项目的实施。6Sigma 推行委员会主要负责人一般由总经理或副总经理担任，根据企业的具体实际情况而定。

● 6Sigma 组织设计

6Sigma 组织设计是为了充分调动组织内部和外部资源，确保 6Sigma 项目的如期实施，并取得最佳业绩。6Sigma 组织结构设计，如表 3-1 所示：

表 3-1

6Sigma 组织设计	设计原则
总经理	1 人
副总经理	1~2 人
黑带主任	黑带总数 $\div$ 10
黑带	组织每年营业额（美元） $\div 10^6$
绿带	视具体情况确定

备注：从 6Sigma 组织战略高度进行 6Sigma 组织推行委员会的设计。

对于具体的 6Sigma 项目实施，要组织项目小组或跨功能的团队，吸纳各方面的专才，确保 6Sigma 项目成功实施。一般的组织结构如表 3-2 所示：

表 3-2

6Sigma 项目团队设计	设计原则
项目经理	一般由部门经理或黑带主任兼任 (1 人)
黑带	有 6Sigma 知识的黑带, 可以是生产、工程、品管方面的专才 (人数多少, 视项目大小而定)。
绿带	
财务人员	财务专业人员 (1 人)

备注: 6Sigma 管理实行的是 6Sigma 项目制, 项目经理有决定项目资源的权力, 以保证 6Sigma 项目的顺利实施。

③ 6Sigma 组织规划

6Sigma 组织规划是 6Sigma 推行委员会首要的工作之一, 6Sigma 战略管理实施要达到什么样的目标, 战略分几步走, 要有一个远景规划。有的放矢的开展工作, 是企业 6Sigma 项目实施成功的基本保证。

企业 6Sigma 项目要成功实施, 需做到以下几点: 首先, 6Sigma 战略管理要与企业整体战略管理相衔接, 与企业整体发展战略相一致; 其次, 6Sigma 战略管理要与企业组织管理相符合, 合理利用已有的资源; 再者, 6Sigma 战略管理应与企业的财务战略相符合, 提高资金利用率和投资回报率, 最大限度地节约成本, 提高企业的整体运营效率。6Sigma 组织规划如表 3-3 所示:

表 3-3

周期	近期	中期	长期
财务方面	①投资回报率 ②利润率 ③成本降 5%	①投资回报率 ②利润率 ③成本降 10%	①投资回报率 ②利润率 ③成本降 15%
顾 客	①顾客满意度 ②顾客投诉次数 ③市场占有率	①顾客满意度 ②顾客投诉次数 ③市场占有率	①顾客满意度 ②顾客投诉次数 ③市场占有率
组织内部	①过程能力 4.5 ②劣质成本 15% ③周期时间	①过程能力 5 ②劣质成本 10% ③周期时间	①过程能力 6 ②劣质成本 5% ③周期缩短
学习与成长	①6Sigma 培训 ②个人职业生涯规划 ③组织的竞争力	①6Sigma 项目实施 ②学习型组织 ③创新能力	①6Sigma 项目 ②6Sigma 组织 ③变革管理

④6Sigma 组织管理

6Sigma 组织规划为 6Sigma 组织管理服务, 6Sigma 组织规划的目标可以实现的, 因此 6Sigma 组织管理也是现实可行的。通用电气 (GE) 的原总裁杰克·韦尔奇有一句话: 要么执行, 要么一走了之。6Sigma 战略管理不只是一个愿景, 而是一个实实在在的执行方案。

6Sigma 组织管理要求每个人履行各自的职责和义务, 围绕规定的 6Sigma 目标一步一步去实施。首先, 绩效与 6Sigma 项目挂钩, 个人的升迁、奖金和收入的 60% 都与 6Sigma 项目相连接, 这是成功实施 6Sigma 管理的 GE 经验。其次, 6Sigma 管

理成为每个人日常工作的一部分，每个报表、每个动作都以6Sigma管理法进行衡量、量化、分析、改善、控制和标准化。再者，要作好6Sigma管理的标准化工作，巩固6Sigma项目改善的成果，维持过程的稳定，进入6Sigma管理的良性循环。否则今天改，明天变，无休无止，日改日变，永远也不会进入6Sigma的良性循环。

6Sigma组织管理也是企业基础性的管理工作。保持组织的高效和持续创新的冲动，与企业文化和企业核心价值紧密相连，体现每一个人的真正价值，寻找企业发展的新的增长点，对战略目标不折不扣去执行，有活力、激励、敏锐、执行(4E)，我们相信，6Sigma管理就一定会成功。

第二节 什么是6Sigma的财务战略

6Sigma战略实施与6Sigma财务战略息息相关，企业改善是否成功，财务评价是最好的指标。

●6Sigma 企业利润最大化

6Sigma财务战略，追求利润最大化，尽量降低不良成本，节省开支和成本费用。

6Sigma管理，把不良成本看做是一个“隐藏的工厂”，它是一个巨大的“黑洞”，通过改善，把不良成本降下来，使企业利润最大化。

节省开支和成本费用，也是提高企业经济效益的有效方法之一。生产节资、革新挖潜、现场管理、提高流程绩效、优化



设计新产品，是节省开支和成本费用的最佳途径，是实现企业利润最大化的可靠保证。

●6Sigma 股东利益最大化

6Sigma 财务战略，追求股东利益最大化，使股东的投资回报率最大。

6Sigma 管理，增强企业的获利能力，实行积极科学的财务管理，不断进行改善创新，低成本开发新产品，增强企业获利能力，增强投资者的信心，使企业永续经营。

●6Sigma 投资风险最小化

6Sigma 财务战略，追求投资风险最小化，尽量规避风险，扩大企业价值和规模。

6Sigma 管理，选择合适的项目，合理控制投资规模，加快资金周转。选择适当的投资组合，增强企业的盈利性。

投资组合的预期收益率为各项预期投资收益率的加权平均数，其计算公式为：

$$r_p = \sum P_i \times R_i$$

其中： P_i ——组合中 i 项目收益额占企业投资组合中全部收益额的比重；

R_i ——组合中 i 项目的收益额。

投资组合风险可通过以下公式计算：

$$\sigma_p = \sqrt{P_1^2 \sigma_1^2 + P_2^2 \sigma_2^2 + 2P_1 P_2 \rho_{12}}$$

其中： P_1 ， P_2 ——分别为两个项目在组合中所占比重；

σ_1, σ_2 ——标准差，反映投资风险；

ρ_{12} ——两个项目预期收益率的相关系数。

例 1：假设投资组合由期望收益率为 21%、标准差为 40% 的 A 股与期望收益率 15%、标准差为 20% 的 B 股所构成，若 A 股占 1/3，B 股占 2/3， $\rho_{AB} = 0.3$ ，那么预期收益率和风险有多大呢？

$$\begin{aligned}\text{预期收益率 } r_p &= \sum P_i \times R_i \\ &= \frac{1}{3} \times 21\% \times 40\% + \frac{2}{3} \times 15\% \times 20\% \\ &= 4.8\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{风险 } \sigma_p &= \sqrt{P_1^2 \sigma_1^2 + P_2^2 \sigma_2^2 + 2P_1 P_2 \rho_{12}} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{3} \times 21\%\right)^2 \times (40\%)^2 + \left(\frac{2}{3} \times 15\%\right)^2 \times (20\%)^2 + 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} \times 0.3 \times 21\% \times 15\%} \\ &= 8.1\%\end{aligned}$$

由此可知： $\sigma_p > r_p$ 。此不等式表示投资组合风险系数大于 1，比预期收益率还要大。

④ 6Sigma 资金周转率最大化

6Sigma 财务战略，追求资金周转率最大化，加速资金周转，盘活存量资金。

6Sigma 管理，提高资金的利用率，减少资金被占用的周期时间，进行扩大再生产和开发新产品，以满足顾客日益增长的需求，增强企业的盈利水平。

第三节 什么是 6Sigma 的研发战略

要保持企业持续成功和不断创新的能力，在于实施 6Sigma 的研发战略。

●6Sigma 设计的研发战略

6Sigma 设计研发战略要与企业总体战略相适应。6Sigma 设计为新产品研发找到一个新的平衡点。以顾客为关注焦点是 6Sigma 方法成功的关键，在 6Sigma 设计中尤为重要。低成本、高可靠性的 6Sigma 设计，为企业在激烈的市场竞争中角逐赢得了先机。新产品的研发投入，为企业维持稳定的市场份额奠定了基础。下面是 6Sigma 设计与企业研发战略流程图，如图 3-2 所示：

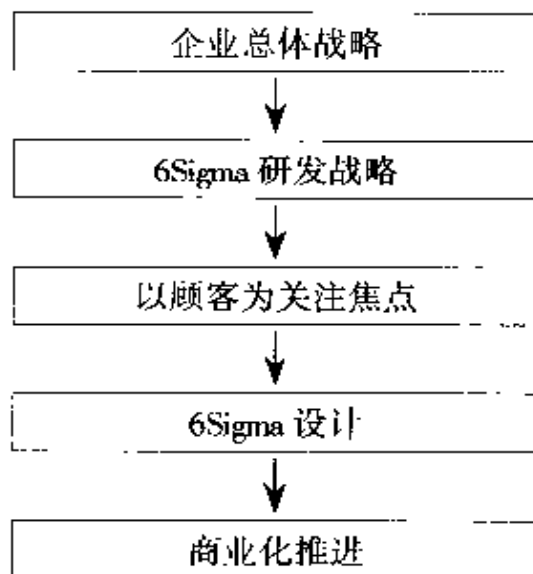


图 3-2

●6Sigma 新产品开发战略

6Sigma 新产品开发战略是紧紧围绕 6Sigma 设计进行的。如图 3-3 所示：

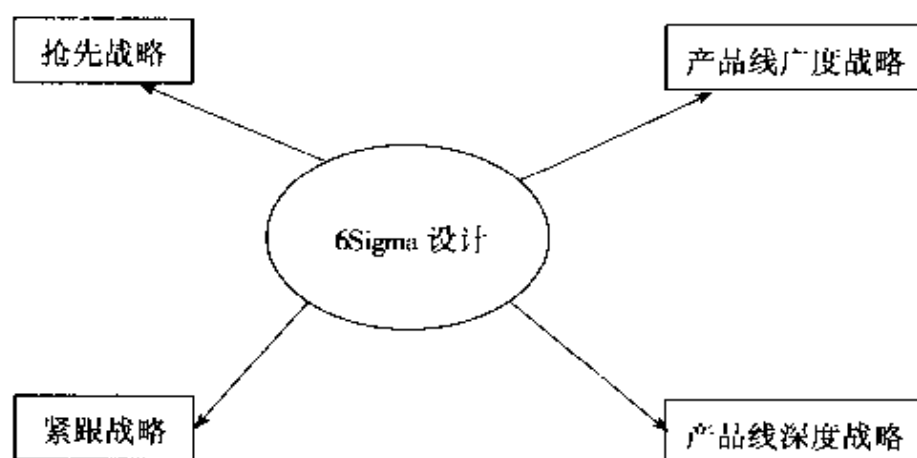


图 3-3

1. 新产品开发抢先战略

新产品抢先战略就是率先将新产品开发并投入市场，从而使企业的产品处于绝对领先地位。6Sigma 研发战略表明：敢为天下先的战略，能使企业独领风骚，引领新产品市场。

2. 新产品开发紧跟战略

新产品开发紧跟战略就是紧紧跟踪有竞争力的新产品，不失时机进行研究仿制，及时适应市场开发新产品的能力，能在激烈的市场竞争中夺得一席之地。

3. 新产品开发的广度战略

新产品开发的广度战略是一种多元化经营战略。产品多元化经营，不仅避免了单一化经营的风险，而且扩大了市场占有率。多元化战略是根据每类产品的市场占有率和销售增长率来进行区分的。如表3-4所示：

表 3-4

销售 增长率 / 市场 占有率	高	低
	高	低
高	①明星	③疑问
低	②金牛	④瘦狗

从上表可知：对“明星”产品进行大力开发的策略，优先保证“明星”产品的开发和资源；对“金牛”产品应保证资金周转为主，维持其现状，努力提高盈利总额；对“疑问”产品采取谨慎态度，不轻易投入大量资金，密切注意市场动态；对“瘦狗”产品，采取从产品组合中逐步淘汰的对策。

4. 新产品开发的深度战略

新产品开发的深度战略是根据产品系列规格多少来确定的市场战略。新产品的生命周期一般如图3-4所示。

从图3-4可知：在新产品导入期，尽量采用消费者反馈的战略，不断完善新产品的性能；当进入成长期时，尽量采用进入障碍战略，推行产品系列化，不断占领细分市场和树立良好的品牌形象；当进入成熟期时，改市场拓展战略为市场渗透

战略，向外形、包装、商标、价格方面进行开发；当进入衰退期，可实行淘汰产品战略，或寻找新的市场，延长产品的生命周期。

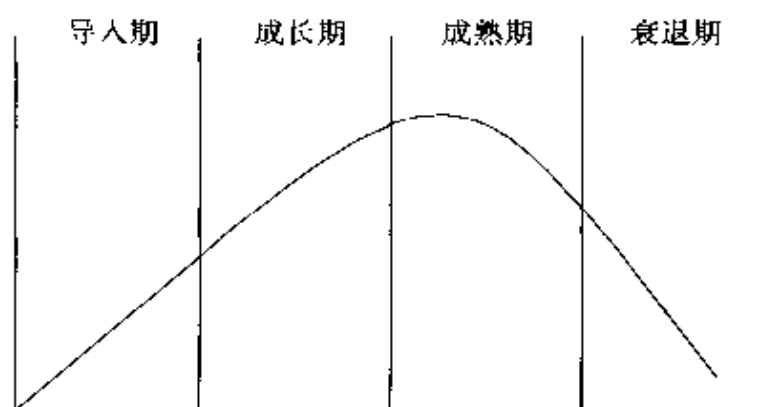


图 3-4

⑥6Sigma 新产品技术转移战略

6Sigma 新产品技术转移战略也可叫国际化战略，新产品技术通过转移，增加其市场价值和产品的生命周期。

1. 延长技术生命周期战略

将成熟技术向需要该技术的国家或地区转移，这种战略既可延长技术的生命周期，又延长了获取利润的时间，对技术输入国或地区来讲，由于风险小，又填补了市场空白，缩短了技术差距，因此有利于经济和技术的发展。

2. 扩大技术效用战略

将新技术向外转移,可获得高额利润,迅速占领技术市场,并进行下一阶段的技术改进,确保新技术的领先优势。这种战略要冒被仿制的风险。对技术差距很大的国家和地区,先进技术难以被接受。故这种战略只适用于技术梯度相同或相近的国家或地区。该战略有利于缩短技术差距,获取竞争优势。

④ 6Sigma 新产品技术定价的战略

新产品技术的定价战略是指要根据技术商品的特点来进行定价,一般的定价模型为:

$$P = [I(C + D) + S \times L \times E]$$

P — 技术商品价格

I — 货币的年贴现率

C — 直接研究开发成本

D — 间接研究开发成本

S — 技术商品商业生命数量值

L — 技术商品垄断程度系数

E — 商品的正常利润

⑤ 6Sigma 新技术增加转移收益的战略

增加转移收益战略包括直接扩大技术转移收益的战略和间接扩大技术转移收益的战略。

1. 直接扩大技术转移收益的战略

增加转移的内容和数量，夸大技术的作用与主体，较高估计未来市场的潜力，强调技术的先进性。

2. 间接扩大技术转移收益的战略

延长合同期限，规定多项限制性条款，对引进方提出苛刻要求，选择有利的价格支付方式。

第四节 什么是 6Sigma 的竞争战略

6Sigma 竞争战略主要体现在高市场占有率战略、低成本战略、差异化领先战略和集中优势战略和定点超越战略几个方面。

● 6Sigma 竞争的高市场占有率战略

6Sigma 竞争战略，首先采取高市场占有率战略。只有高的市场占有率，才能有高的财务回报率和投资回报率。

1. 积极扩大整个市场规模

采用积极的营销策略，扩大整个市场规模，通过市场渗透和新市场扩张及地理扩张策略，不断寻找新的顾客和新的用途，实现市场规模最大化。

2. 保护现有市场份额

通过创新策略，提高产品和服务的先进性。采用壁垒策略，进行合理定价，多品种、多规格、系列化，满足市场的不同需求。采用正面对抗策略，在价格、促销手段上，进行价格战和促销活动，使市场占有率不断上升。

3. 进一步扩大现有市场份额

不断研发新产品，积极回应市场变化。实行 6Sigma 品质管理，提高企业与对手竞争的产品质量，保持强大的市场优势。进一步开拓市场，增加开拓市场费用，在广告、促销手段方面多出奇招，使市场占有率节节上升。

● 6Sigma 竞争的低成本战略

6Sigma 竞争的低成本战略是指在产品设计和开发方面进行低成本、高可靠性设计，以成本优势领先，达到市场占有率扩大的战略。

1. 积极采用新工艺、新方法，提高生产效率

采用新工艺、新方法，提高专业化水平，重新设计新的流程，减少等待时间，进行标准化、自动化作业，提高劳动效能，从而提高生产效率。

2. 进行低成本、高可靠性设计

采用先进的设计手段，提高产品设计质量，在装配性、加工性方面达到高效率。进行低成本、高可靠性设计，在元器

件、原材料方面进行过程优化，满足社会化大生产要求。

3. 扩大生产规模，达到规模经济

不断开发新产品，扩大生产规模，进行精益生产管理，集中资源力量，形成规模经济，不断满足新的顾客需求。

4. 量化管理，严格成本控制

在管理上明确组织及其责任，下达定量的目标，推行量化管理和激励机制相配套，严格进行成本控制，建立低成本的分销渠道和供应链管理，达到低成本战略目标。

③ 6Sigma 竞争的差异化领先战略

6Sigma 的差异化领先竞争战略是通过提高公司的产品和服务功能，形成独特性优势来赢得顾客忠诚度的一种战略。

差异化战略要求组织在研发、产品开发和市场营销部门之间通力合作，重视主观评价和激励机制，营造和谐工作氛围，以吸引各方面人才为组织服务。

差异化战略要求公司有强大的生产营销能力、对创新的敏感度和基础研究能力，在产品质量和技术上处于领先地位，在产业中有独特技术并占主导地位，与分销商有高度的合作，有使产品和服务与众不同的卖点。

④ 6Sigma 竞争的集中优势战略

6Sigma 集中优势的竞争战略是通过集中一点来获得竞争优

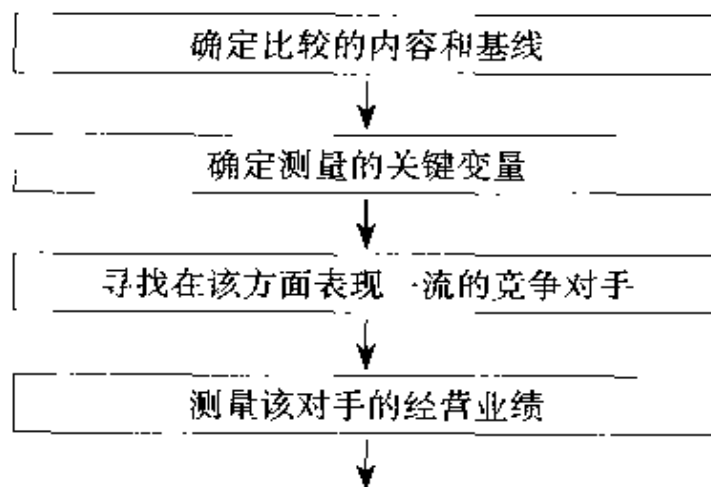
势的战略，所谓集中一点指全力主攻某个特点顾客群、某个产品或某个地区，以此来达到企业战略目标。

集中优势战略要求公司能够以更高效率、更好的效果为某一狭窄的战略对象服务，从而超过更广范围内的竞争对手。集中优势战略通过较好满足特定对象的要求，实现了差异化，或实现了低成本，或在目标市场中获得了绝对竞争优势。

⑤ 6Sigma 竞争的定点超越战略

6Sigma 定点超越竞争战略与集中优势竞争战略，有着异曲同工之妙。定点超越是通过选择并确定目标竞争对手，将本企业的竞争实力与目标竞争对手进行对比分析，评价自身企业与目标对手的差距，将目标竞争对手的经验引入本企业的竞争战略中，提高企业的市场竞争力水平，超越竞争对手，并实现企业追求完美的愿望。

定点超越建立在观察、确定、分析、对比同样竞争者的基础上，减少了战略决策中的不确定性，降低了风险。其实施流程如图 3-5 所示：



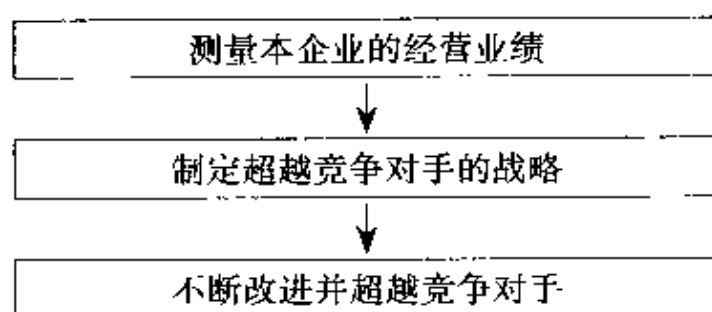


图 3-5



第四章

什么是改善 6Sigma 模型

- ◆ 什么是 6Sigma 定义(D)
- ◆ 什么是 6Sigma 测量(M)
- ◆ 什么是 6Sigma 分析(A)
- ◆ 什么是 6Sigma 改善(I)
- ◆ 什么是 6Sigma 控制(C)

6Sigma 管理的突破策略,其实质是 D-M-A-I-C 业绩改善模型,它是 6Sigma 管理的基础,一切过程和活动是紧紧围绕 D-M-A-I-C 来展开的。如下图 4-1 所示:

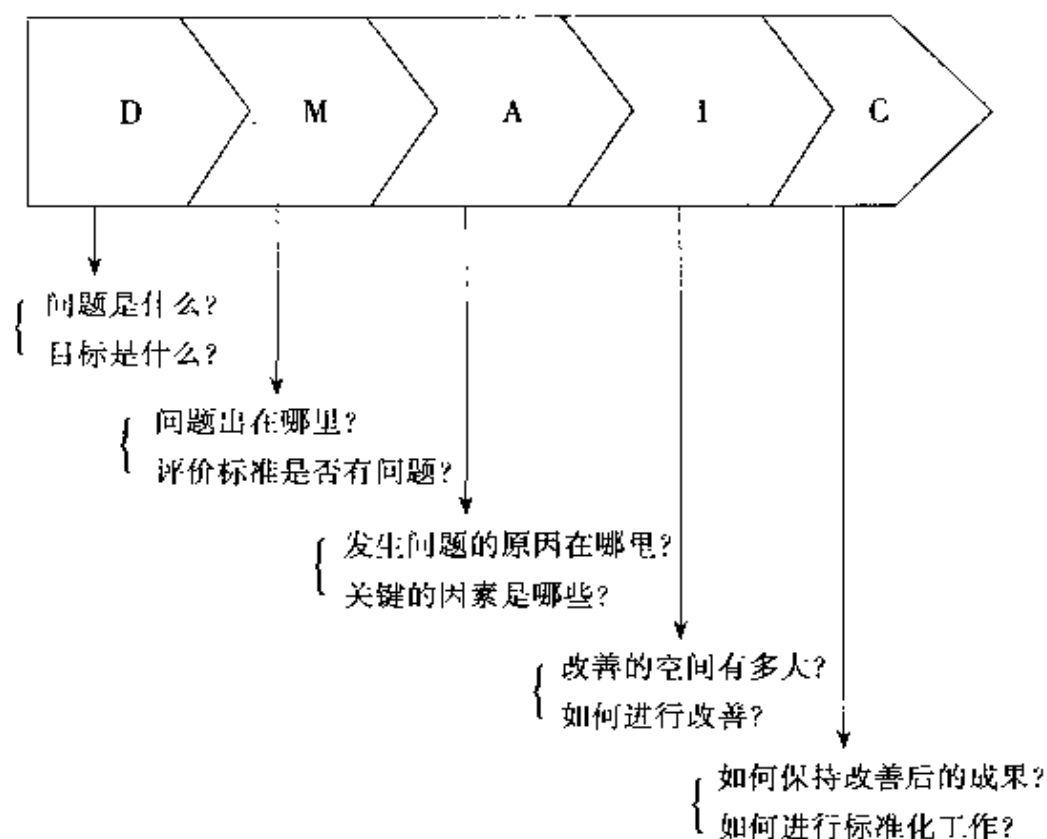


图 4-1

第一节 什么是 6Sigma 定义 (D)

所谓 D (Define) 即定义,意指确定需要改进的问题和确定改进所需达到的目标。



● 问题及其分类

1. 技术问题和管理工作

所有问题都可分为两类：一类是技术问题，另一类是管理问题。技术问题是过程本身的能力不足，管理问题是管理水平不够和控制能力不高所致。我们可以用一个 4BLOCK 图来进行区分。如图 4-2 所示：

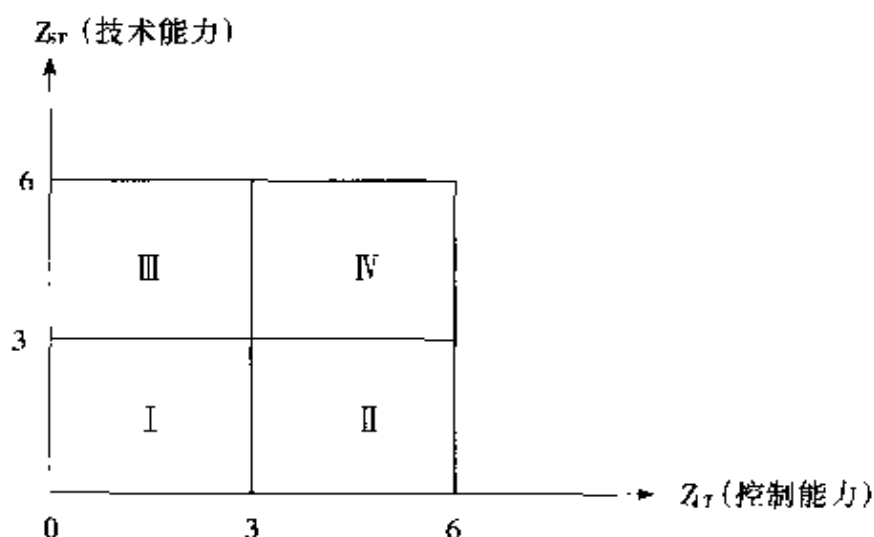


图 4-2

从图 4-2 可知， Z_{ST} 为技术能力评价， Z_{LT} 为控制能力评价。图中 I 类问题是技术和控制都有问题，是最差的状态。图中 II 类是技术水平不行，但管理水平尚可。图中 III 类是技术能力可以，但管理水平不行，图中 IV 类是理想状态，是技术能力和管理水平都较好的状态，这是 6Sigma 改善所追求的目标。

2. 明显的问题和潜在的问题

明显的问题是一看就知道的问题，而潜在问题隐藏在事物内部，具有隐蔽性。对这两种问题的分析有不同的工具，一是因果分析，而另一个是 FMEA 分析。如图 4-3 所示：

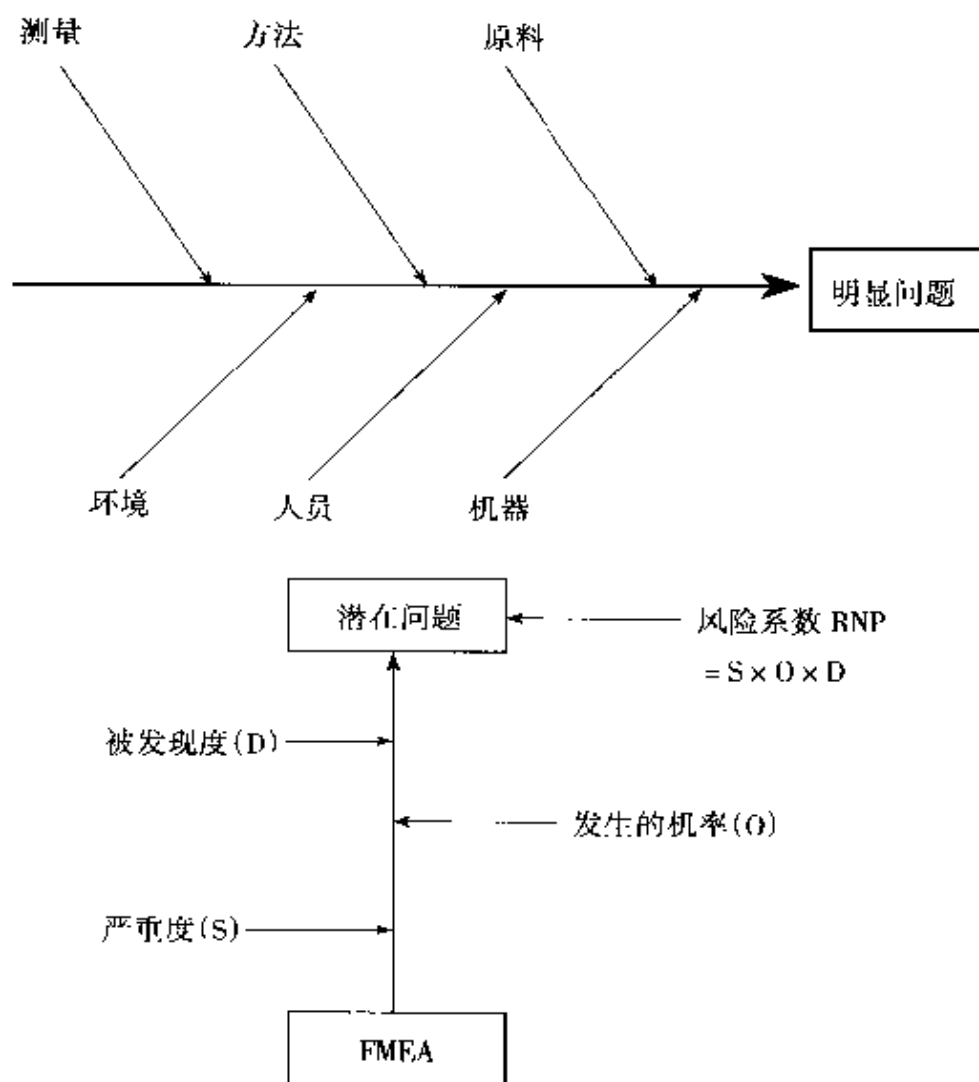


图 4-3

3. 可控问题和不可控问题

有些问题可以控制，而有些问题是不可控的，如环境温度对人们生活的影响。区分可控问题和不可控问题，对选择 6Sigma 项目，界定 6Sigma 项目范围有很大影响。如果选择一些既不能够控制、又不能够影响的 6Sigma 项目，是注定要失败的。如图 4-4 所示：

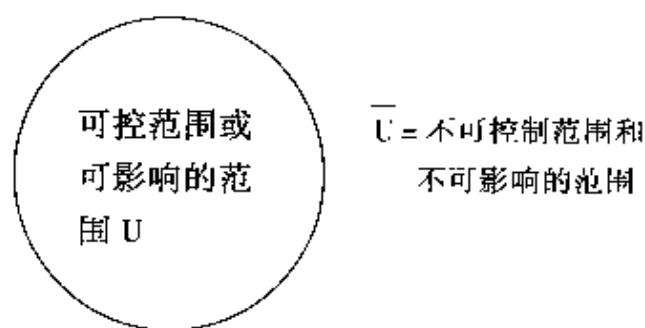


图 4-4

● 解决问题的基本思路

1. 确定问题

要解决问题，首先要确定问题，也就是找到问题。如图 4-5 所示：

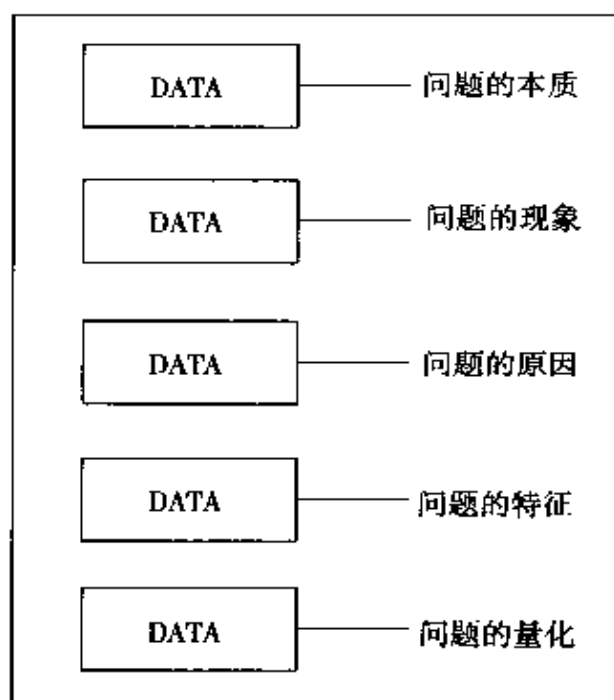


图 4-5

从上图可知，通过收集数据，进一步分析问题的本质、现象、原因、特征和问题的量化处理，对问题进行定位。

2. 分析原因

分析导致问题发生的原因是什么。如图 4-6 所示：

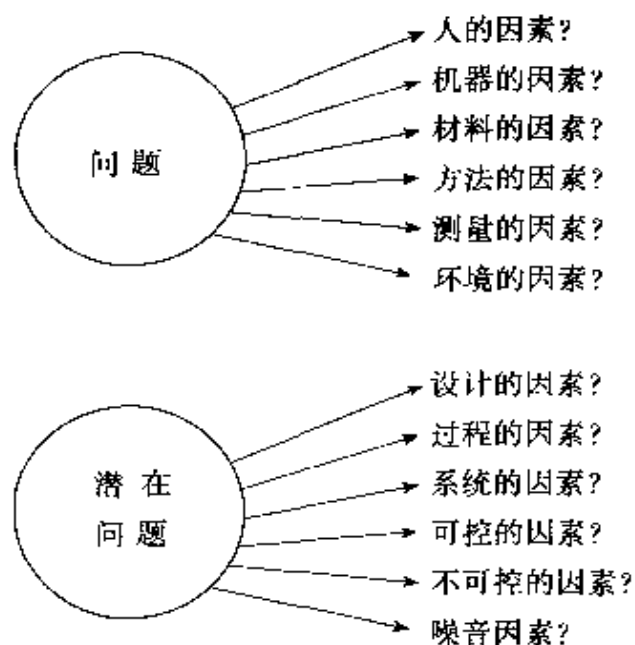


图 4-6

3. 采取行动

分析了问题产生的原因，要找到哪一个是影响问题的关键因素（KV），然后进行排序。如图 4-7 所示：

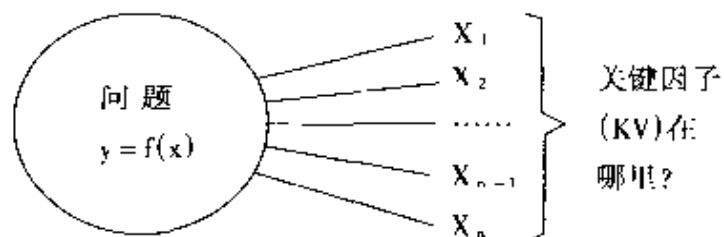


图 4-7

找到问题的关键因素以后，要采取正确的行动，预防措施也好，改善行动也好，目的是将问题解决。



4. 制定计划

根据问题的大小，制定相应的解决方案，如改善计划或者6Sigma项目计划，这需要根据具体的问题来确定。如下图4-8所示：

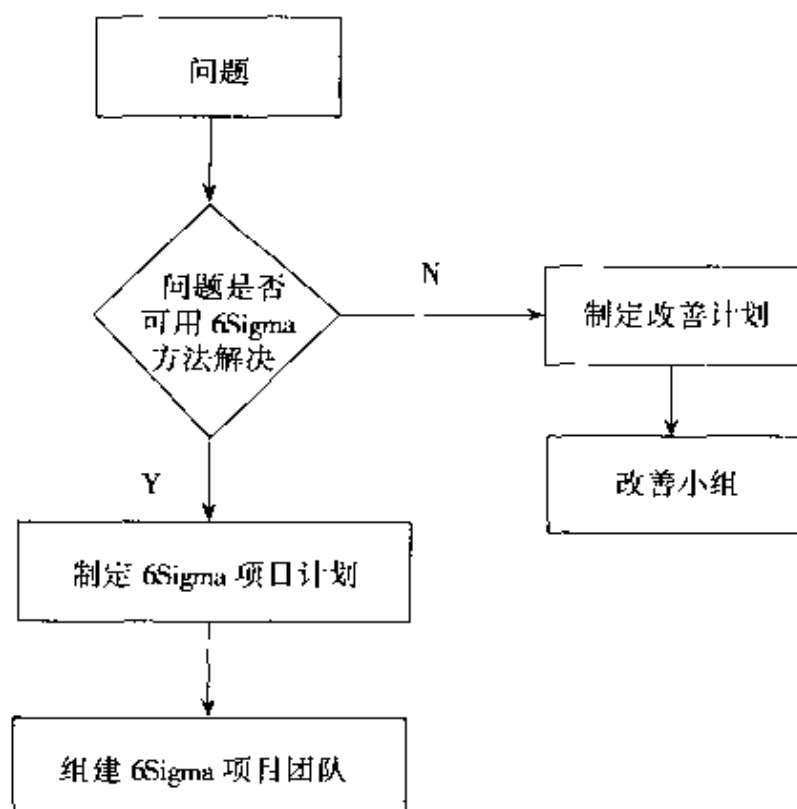


图 4-8

●与顾客有关的问题

我们在上文强调了与内部过程有关的问题，下面我们讨论一下与外部顾客有关的问题。6Sigma 特别强调与顾客有关的问题，其实解决好内部过程问题，能更好的解决外部顾客有关的

问题，两者是相互促进、相辅相成的关系。如图 4-9 所示：

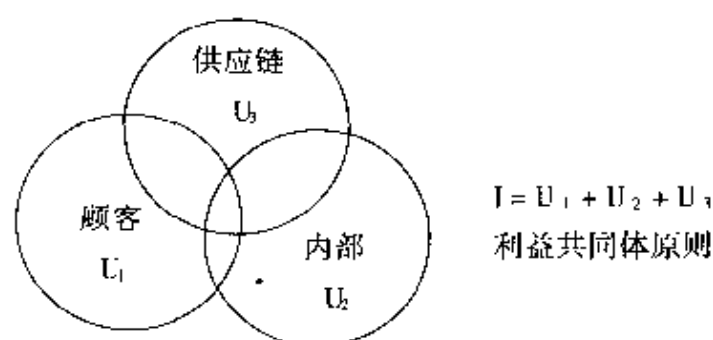


图 4-9

1. 顾客的呼声（VOC）和顾客投诉

时刻关注顾客的呼声（VOC）和顾客的投诉，解决顾客提出的任何问题，提高服务质量，也是 6Sigma 管理需重点解决的问题。如图 4-10 所示：

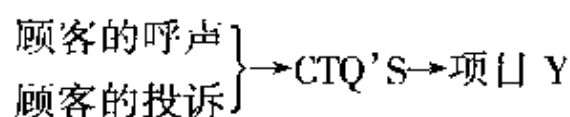


图 4-10

2. 供应链的管理和开发

供应链的管理和开发是企业的重要一环，只有上游品质优质，才能保证下游品质优秀。加强对供应商的品质的管理和开发，也是 6Sigma 管理的基本要求。如图 4-11 所示：

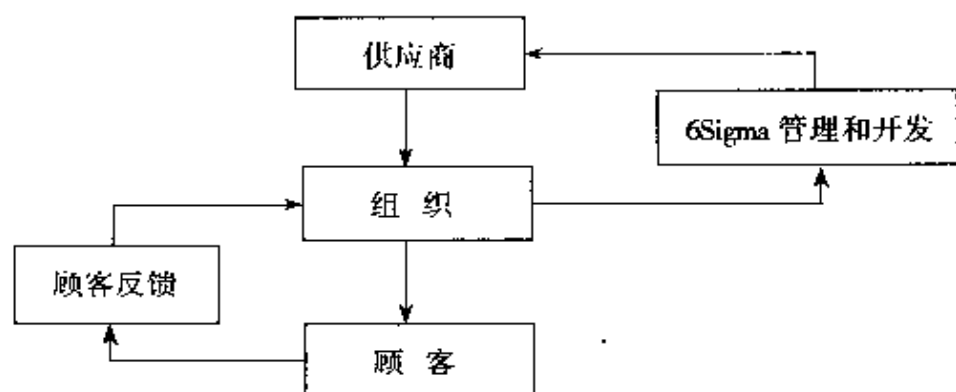


图 4-11

④ 定义阶段的常用方法

定义阶段的常用方法有头脑风暴法、因果图和因果矩阵、排列图等。

1. 头脑风暴法

头脑风暴法是解决问题的常用方法。它集中大家的智慧，碰撞出思想的火花，畅所欲言，不评论，激发出新的创意。如图 4-12 所示。

2. 因果图和因果矩阵

因果图是解决问题的基本方法，因果矩阵是对因果图关键因素进行量化的工具。如图 4-13 所示。

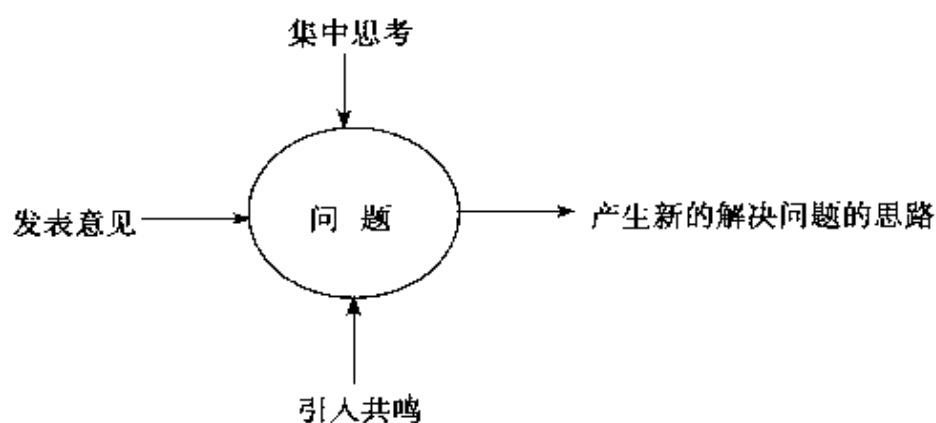


图 4-12

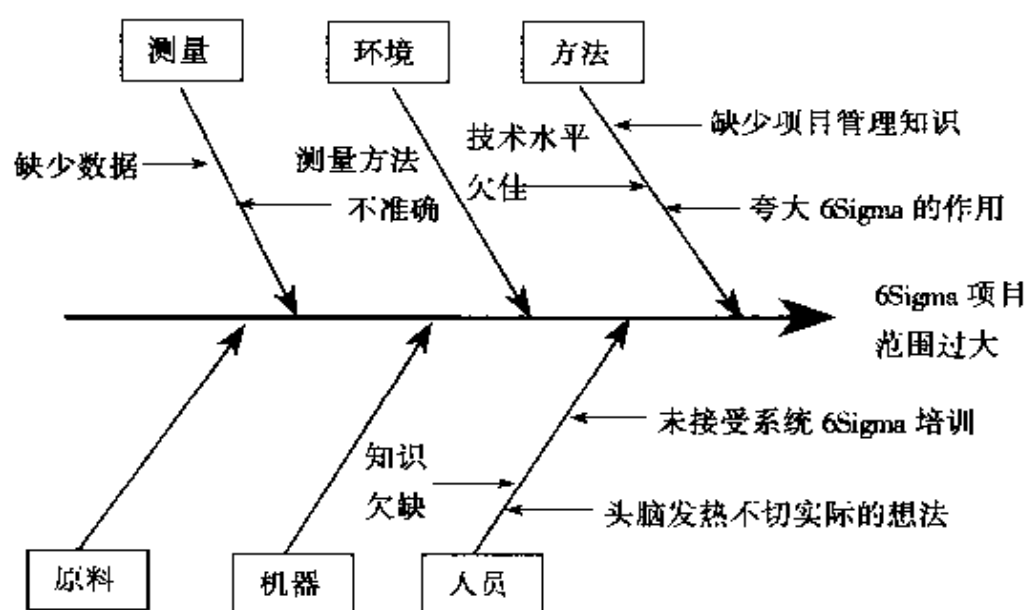


图 4-13

因果矩阵又叫 X-Y 矩阵，是对输入变量进行量化的过程，以确定输入变量的影响程度。如表 4-1 所示：

表 4-1

输入 X 变量		Y_1	Y_2	...	Y_n	评分
	权重					
X_1						
X_2						
...						
X_n						

第二节 什么是 6Sigma 测量 (M)

所谓 M (Measurement) 即测量, 通过测量发现问题出在哪里, 对测量系统进行分析, 确定评价的标准是否有问题、是合格还是不合格, 以确定评价问题的真实性。

● 计量型数据和计数型数据

数据有两种类型: 一类是计量型数据, 另一类是计数型数据。

1. 计量型数据

计量型数据, 又叫连续型数据, 它们都是有计量单位的量。例如: 0.5 米、0.68 公斤、3.4 焦耳等。

2. 计数型数据

计数型数据, 又叫离散型数据, 它们都是非计量单位的

量。例如：50 个、80%、1000 DPMO 等。

● 计量型测量系统分析

计量型测量系统分析是对输出结果是连续型数据的分析。

1. 偏倚 (Bias)

偏倚是指测量结果的观测平均值与基准值的差值。基准值又叫标准值，可通过更高级别的测量设备进行多次测量，取其平均值来确定。如图 4-14 所示。

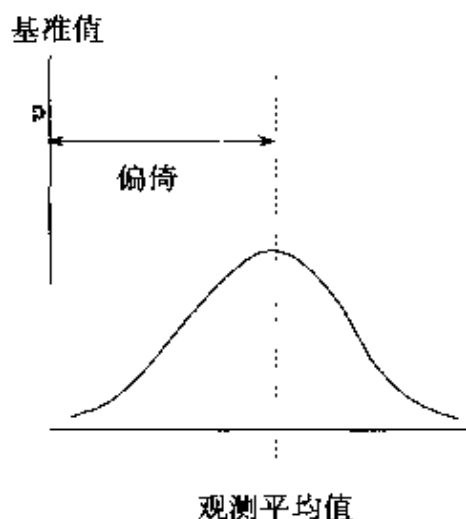


图 4-14

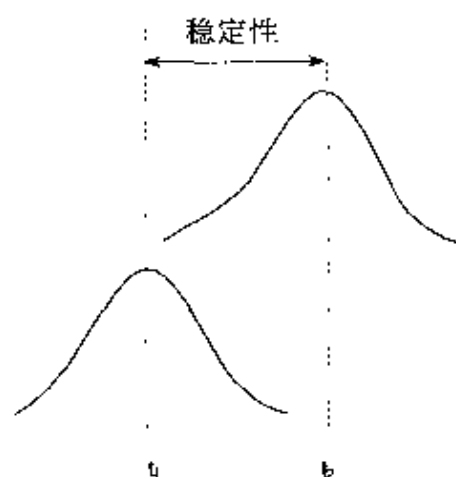


图 4-15

2. 稳定性 (Stability)

稳定性是指测量系统在某持续时间内测量同一基准或零件的单一特性时获得的测量值总变差，即偏倚随时间的增量。如图 4-15 所示。

3. 线性 (Linearity)

线性是指量具在预期的工作量程内偏倚值的差值。如图 4-16 所示：

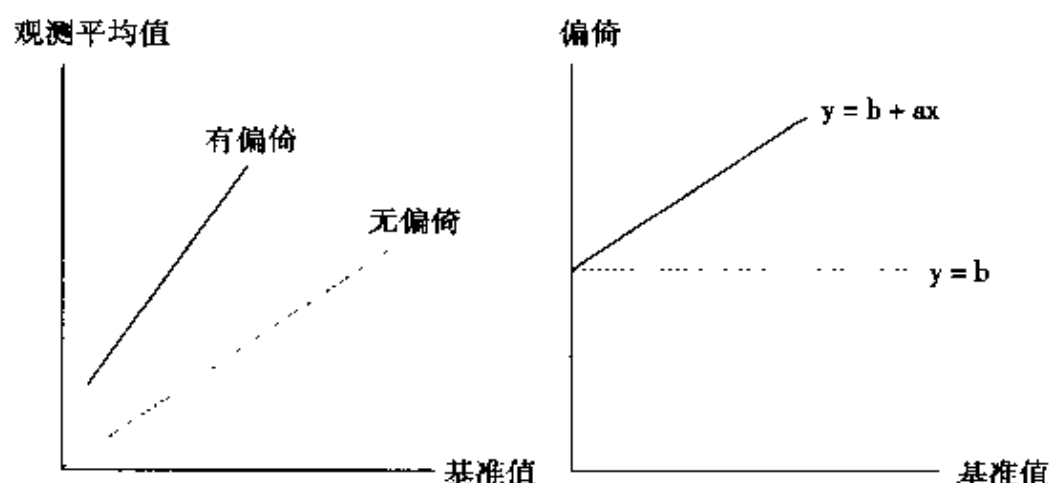


图 4-16

4. 重复性 (Repeatability)

重复性是指一个评价人，采用同一测量仪器，多次测量同一零件的同一特性时获得的测量值的变差。如图 4-17 所示。

5. 再现性 (Reproducibility)

再现性是指不同的评价人，采用同一个测量仪器，测量同一零件的同一特性时测量平均值的变差。如下图 4-17 所示。

由图 4-17 可知，测量系统的重复性变差 σ_{rpt} 可用下式表示：

$$\sigma_{\text{rpt}} = 5.15 \times \frac{\bar{R}}{d_2}$$

式中： $\bar{R}$ 为全距平均值， d_2 为系数，可通过查表求得。
而测量系统的再现性变差也可用下式求得：

$$\sigma_{\text{rpd}} = \sqrt{\sigma_x^2 - \frac{\sigma_{\text{rpt}}^2}{n}}$$

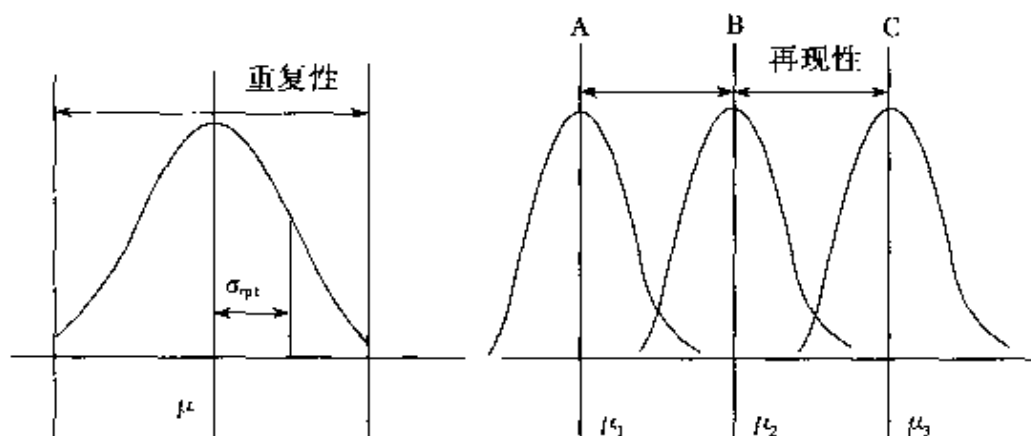


图 4-17

6. 分辨率

测量系统的分辨率是考虑测量系统数据的等级大小，在 MINITAB 中用 Number of Distinct Categories（分级数）表示，该值一般要大于或等于 5。分辨率过低，测量系统的分析不准确。它可用下式表示：

$$\text{Number of Distinct Categories} = 1.41P_V/\text{GR\&R}$$

7. 测量系统分析方法选择流程

测量系统分析一般可分为计量型和计数型两种方法，以及破坏型测量系统分析。其中计量型测量系统分析又可分为方差分析法、平均值和极差分析法、零件内偏差分析法、简略法和即时法，其分析流程如下图 4-18 所示。



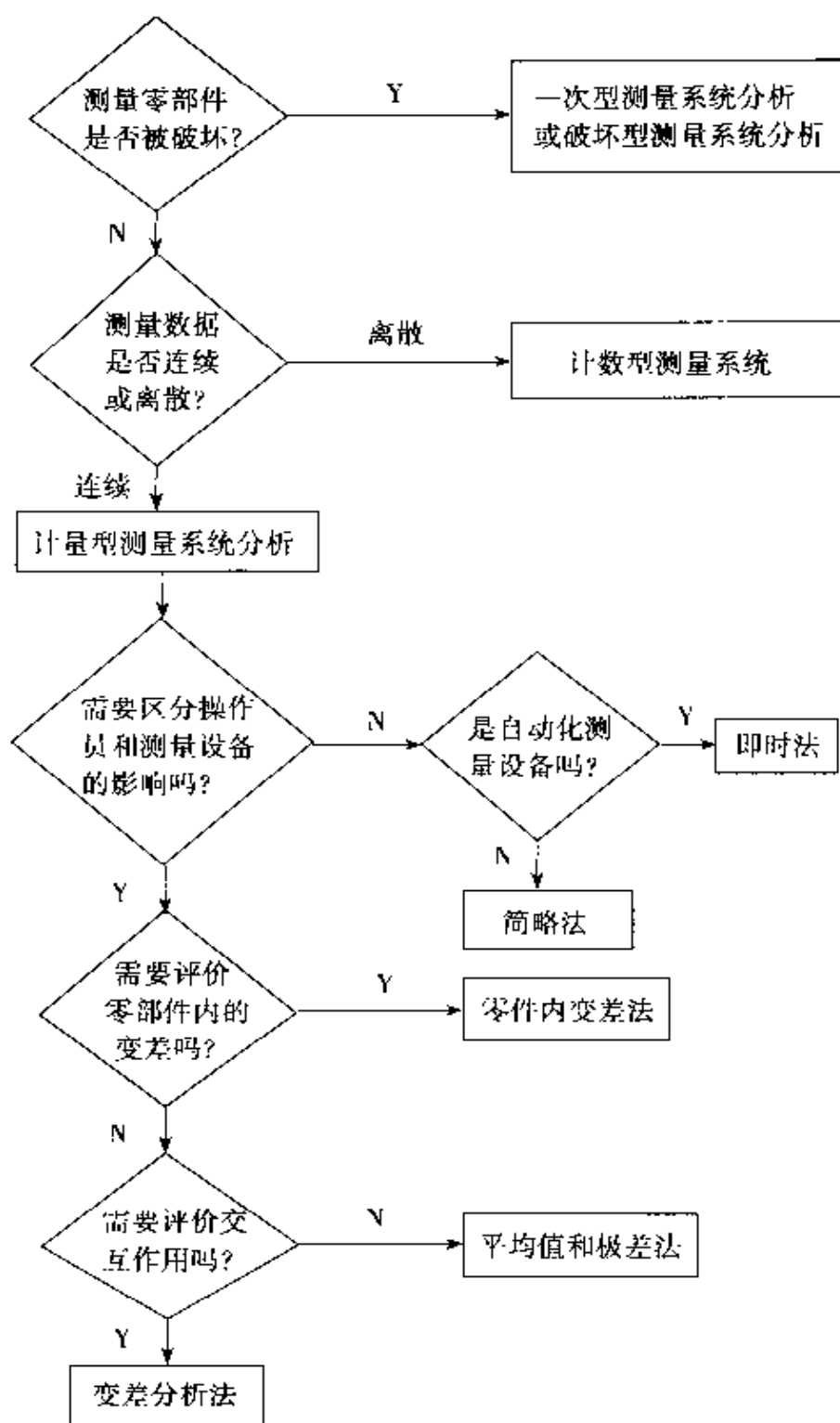


图 4-18



从图 4-18 可知, 测量零部件是否被破坏是相对有的试验数据而言。有的物品通过测试后, 被测物品被破坏或不能再被使用, 这叫一次型测量系统分析或破坏型测量系统分析。例如 PCBA 上的元件的推力测试, 通过测试后, 元件不能再使用。

8. 计量型测量系统分析特点及公式

通过图 4-18 可知, 计量型测量系统分析有简略法、即时法、零件内部变差法、平均值和极差分析法、方差分析法, 它们的特点及公式如表 4-2 所示:

表 4-2

计量型测量系统分析方法	应用特点	计算公式	判断准则
简略法	快速评估 5 个零部件的方法	$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_5}{5}$ $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$ $\text{GageR\&R} = \frac{5.15\sigma}{\text{公差}}$	GageR\&R < 20% 满足要求, 否则不行
即时法	可用于自动测量系统的分析	$S = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_5}{5}$ $\text{GageR\&R} = \frac{5.15\bar{S}}{\text{公差}}$	GageR\&R > 30% 不满足要求, 否则可行
零件内偏差法、平均值和极差法	QS 9000 MSA 的通用方法	$PV = 5.15\bar{R}/d_2$ $GV = \bar{R} + K_1$ $K_1 = 5.15/d_2$ $AV = \sqrt{(XdiffK_2)^2 - EV^2/nr}$	同上

(续表)

方差分析法	用 MINTAB 进行分析的 方法	$GR\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $TV = \sqrt{GR\&R^2 + PV^2}$ $\%GR\&R = GR\&R/TV$	同上
-------	-------------------------	--	----

9. d_2 值表

在上面的计算公式中都涉及到 d_2 值，它可通过查表求得。如表 4-3 所示：

表 4-3

样本数 人员数 d_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1.41	1.28	1.23	1.21	1.19	1.18	1.17	1.16	1.16	1.16
3	1.91	1.81	1.77	1.75	1.74	1.73	1.73	1.72	1.72	1.72
4	2.24	2.15	2.12	2.11	2.10	2.09	2.09	2.08	2.08	2.08
5	2.48	2.40	2.38	2.37	2.36	2.35	2.35	2.34	2.34	2.34

10. 用 MINTAB 进行计量型测量系统分析

例 1：一个 6Sigma 项目团队为验证测量系统的有效性，所做的计量型测量系统分析。有 3 个测量员，选择了 3 个样品进行测试，每人测量了 3 次，一共测量了 36 次。收集的数据如表 4-4 所示。

表 4-4

	part	oper	res
9	2	1	5.5
10	2	1	4.6
11	3	1	4.7
12	3	1	4.8
13	1	2	4.9
14	1	2	4.3
15	2	2	4.2
16	2	2	5.5
17	3	2	6.0
18	3	2	4.1
19	1	2	4.2
20	1	2	4.3
21	2	2	4.6
22	2	2	4.7
23	3	2	5.5
24	3	2	5.6
25	1	3	5.7
26	1	3	5.8
27	2	3	5.9
28	2	3	4.7
29	3	3	5.7
30	3	3	5.4

(1) GageR&R 用方差分析 (ANOVA) 方法分析。

Gage R & R Study (Unsaved)

C1	part	Part numbers:	part	Gage Info...
C2	oper	Operators:	oper	Options...
C3	res	Measurement data:	res	

Method of Analysis

☐ ANOVA

☒ Xbar and R

Select

Help

OK

Cancel

Gage R&R Study – ANOVA Method

Gage R&R for res

Gage name:

Date of study:

Reported by:

Tolerance: 2

Misc:

Two – Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
part	2	0.9725	0.48627	2.28356	0.21800
oper	2	3.6128	1.80638	8.48294	0.03640
oper * part	4	0.8518	0.21294	0.79570	0.53841

Repeatability	27	7.2256	0.26761
Total	35	12.6627	

Two - Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
part	2	0.9725	0.48627	1.86623	0.17167
oper	2	3.6128	1.80638	6.93266	0.00325
Repeatability	31	8.0774	0.26056		
Total	35	12.6627			

Gage R&R

Source	VarComp	% Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.38938	95.39
Repeatability	0.26056	63.83
Reproducibility	0.12882	31.56
oper	0.12882	31.56
Part - To - Part	0.01881	4.61
Total Variation	0.40819	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	% Study Var (% SV)	% Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.624002	3.21361	97.67	160.68
Repeatability	0.510451	2.62882	79.90	131.44
Reproducibility	0.358912	1.84840	56.18	92.42
oper	0.358912	1.84840	56.18	92.42
Part - To - Part	0.137145	0.70630	21.47	35.31

Total Variation 0.638895 3.29031 100.00 164.52

Number of Distinct Categories = 0

Gage R&R for res

Gage R & R (ANOVA) for res

Gage name:

Date of study:

Reported by:

Tolerance: 2

Max:

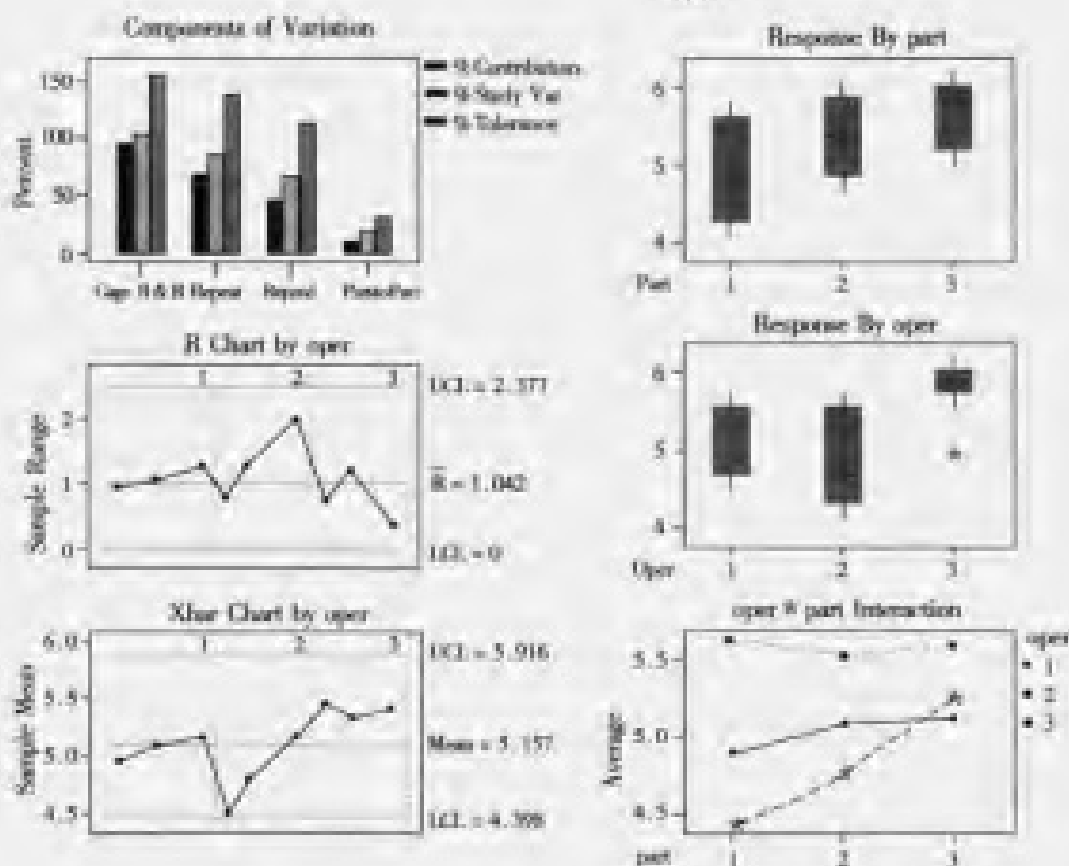


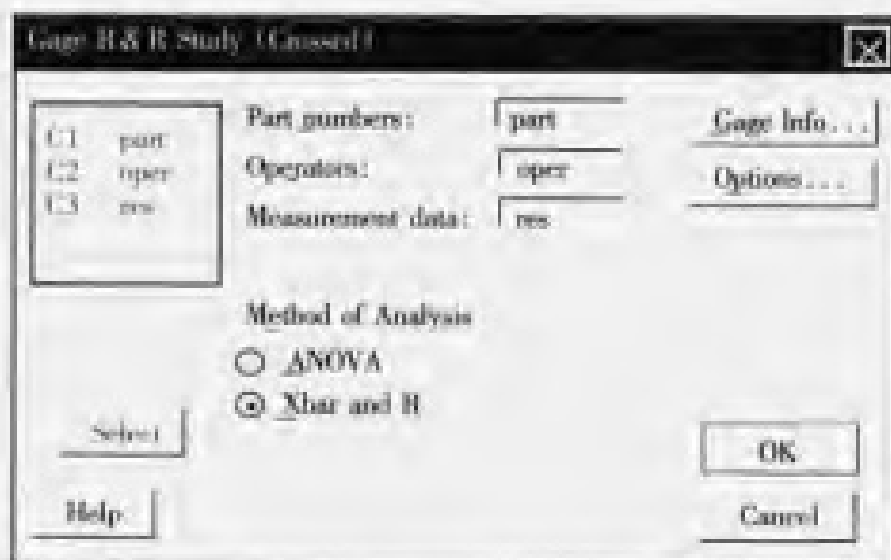
图 4-19

ANOVA 分析结果:

①从 ANOVA 分析可知，零件的影响不大， $P = 0.21800$ ；测量员的影响最大， $P = 0.03640$ ；测量员和零件的交互影响不大， $P = 0.53841$ ，对测量系统的影响作用不大。

②从 MINTAB 分析可知， $P/TV = 97.67\%$ ， $P/T = 160.68\%$ ，都大于 30%，测量系统是不合格的。又因为分组数 $= 0 < 5$ ，所以测量系统分辨率不可以。因此要进行测量系统改进。

(2) GageR&R 用 $\bar{X} - R$ 方法分析。



Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for res

Gage name:

Date of study:

Reported by:

Tolerance: 2

Misc:

Two – Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
part	2	0.9725	0.48627	2.28356	0.21800
oper	2	3.6128	1.80638	8.48294	0.03640
oper * part	4	0.8518	0.21294	0.79570	0.53841
Repeatability	27	7.2256	0.26761		
Total	35	12.6627			

Two – Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
part	2	0.9725	0.48627	1.86623	0.17167
oper	2	3.6128	1.80638	6.93266	0.00325
Repeatability	31	8.0774	0.26056		
Total	35	12.6627			

Gage R&R

Source	VarComp	% Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.38938	95.39
Repeatability	0.26056	63.83
Reproducibility	0.12882	31.56
oper	0.12882	31.56
Part – To – Part	0.01881	4.61
Total Variation	0.40819	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.624002	3.21361	97.67	160.68
Repeatability	0.510451	2.62882	79.90	131.44
Reproducibility	0.358912	1.84840	56.18	92.42
oper	0.358912	1.84840	56.18	92.42
Part - To - Part	0.137145	0.70630	21.47	35.31
Total Variation	0.638895	3.29031	100.00	164.52

Number of Distinct Categories = 0

Gage R&R for res

Gage R&R Study – XBar/R Method

Gage R&R for res

Gage name:

Date of study:

Reported by:

Tolerance: 2

Misc:

Source	Variance	% Contribution (of Variance)
Total Gage R&R	0.388940	89.96
Repeatability	0.250855	58.02
Reproducibility	0.138085	31.94
Part – to – Part	0.043403	10.04
Total Variation	0.432343	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	% Study Var (%SV)	% Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.623651	3.21180	94.85	160.59
Repeatability	0.500855	2.57940	76.17	128.97
Reproducibility	0.371598	1.91373	56.51	95.69
Part – to – Part	0.208333	1.07292	31.68	53.65
Total Variation	0.657528	3.38627	100.00	169.31

Number of distinct categories = 0

Gage R&R for res

Gage R & R (ANOVA) for ms

Gage name:
Date of study:
Reported by:
Tolerance: 2
Misc:

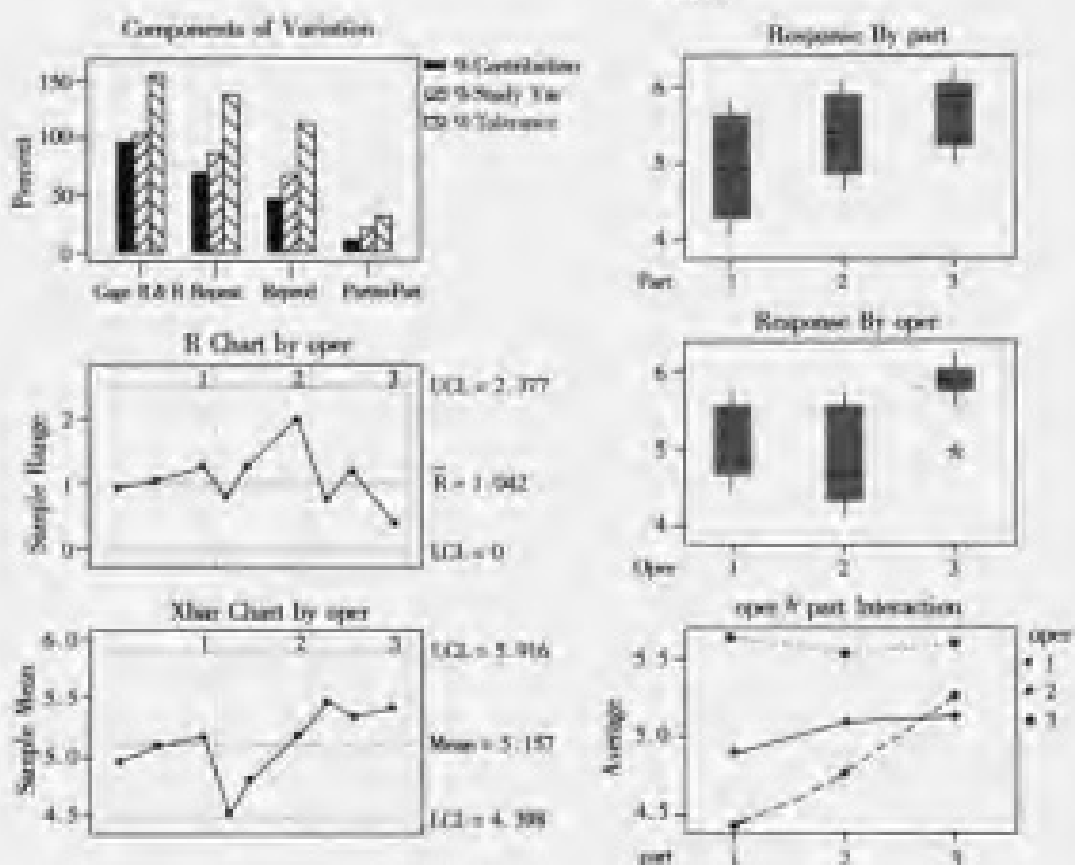


图 4-20

$\bar{X}-R$ 分析结果:

从 MINITAB 分析可知, $P/TV = 94.85\%$, $P/T = 160.59\%$, 都大于 30%, 测量系统是不合格的。又因为分组数 $= 0 < 5$, 所以测量系统分辨率不行。因此要进行测量系统改进。

(3) 量具的线性度分析。

30 个零件中, 有 10 个零件的 Master 为 5 ± 1 , 另有 10 个零件的 Master 为 10 ± 1 , 剩下 10 个零件的 Master 为 15 ± 1 , 测量过程变差为 13.97。

表 4-5

↓	C2	C3	C4
	oper	res	master
2	1	5.5	5
3	1	6.0	5
4	2	5.0	5
5	2	5.5	5
6	2	6.0	5
7	3	4.5	5
8	3	5.0	5
9	3	5.5	5
10	1	9.5	10
11	1	10.0	10
12	1	11.0	10
13	2	10.0	10
14	2	9.5	10
15	2	10.5	10
16	3	9.5	10
17	3	10.0	10
18	3	11.0	10
19	1	14.5	15
20	1	15.0	15
21	1	16.0	15
22	2	15.0	15
23	2	15.5	15
24	2	16.0	15
25	3	14.5	15

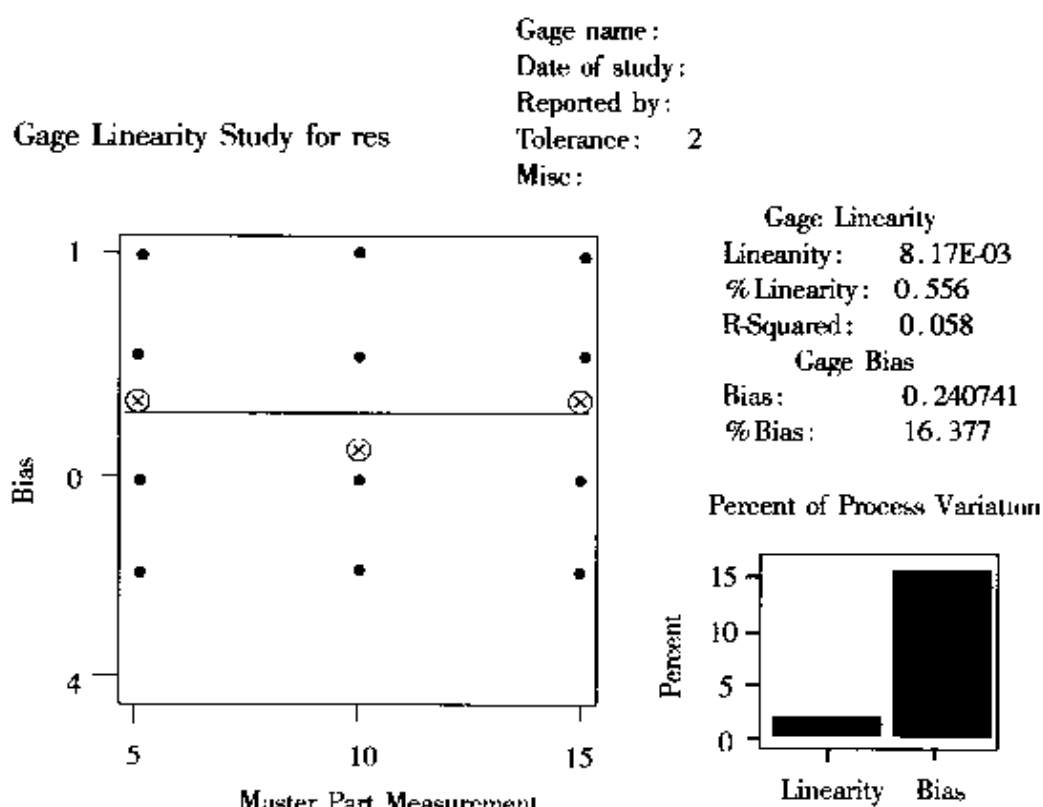


图 4-21

分析结果:

从上图可知, 线性度为 0.00817, 斜率为 0.00556, 偏倚均值 0.2407147, 偏倚的均值与总变差的比为 16.377%。

◎计数型测量系统分析

计数型测量系统分析是对离散数据进行分析。如评估检验员的能力, 用计数型测量系统进行分析, 可判断检验员对同一部品(零件)是否合格的检测能力, 以确定检验过程的合格能力。

1. 确认单个检验员重复检验的一致程度, 即确认重复性的误差大小

2. 确认多个检验员检验结果的一致性，即确认再现性误差的大小

3. 确认检验员的检验结果与标准之间的一致性

4. 计数型测量系统分析应用

计数型测量系统分析在不少公司已开发有 EXCEL 电子文档，应用十分方便，只要将结果输入 EXCEL 就可得到测量系统分析的结果。

例 2：一个 6Sigma 项目团队为验证测量系统的有效性，用 EXCEL 做计数型测量系统分析。有 5 个样品结果已知，由三个检查员来测试，判断 A，B，C 三个的检查能力。

表 4-6

样品	已知结果	评价人	评价结果
1	G	A	G
1	G	A	G
1	G	B	G
1	G	B	G
1	G	C	G
1	G	C	G
2	NG	A	NG
2	NG	A	NG
2	NG	B	NG
2	NG	B	NG
2	NG	C	NG
2	NG	C	G

不一致 1 次

(续表)

3	G	A	G
3	G	A	G
3	G	B	G
3	G	B	G
3	G	C	G
3	G	C	G
4	G	A	G
4	G	A	G
4	G	B	G
4	G	B	G
4	G	C	C
4	G	C	G
5	MGRIN	A	MGRIN
5	MGRIN	A	MGRIN
5	MGRIN	B	MGRIN
5	MGRIN	B	MGRIN
5	MGRIN	C	G
5	MGRIN	C	NG

不一致 2 次

从表 4-6 可知, A, B, C 各检查了 20 次, A, B 检查员的一致性为 100%, C 检查员的一致性 = $(20 - 3) / 20 \times 100\% = 85\%$ 。由于一般要求检查员的一致性大于 80%, 所以三个检查员都是合格的。

5. 用 MINITAB 进行计数型测量系统分析

例 3: 一个 6Sigma 项目团队为验证测量系统的有效性, 用

MINITAB 做计数型测量系统分析。有十个样品，三个 QC 评价人，重复评价两次，收集的数据如表 4-7 所示：

表 4-7

C1	C2 - T	C3 - T	C4 - T	C5 - T	C6 - T	C7 - T	C8 - T
sample	standard	Atrials1	Atrials2	Btrials1	Btrials2	Ctrials1	Ctrials2
1	G	G	G	G	G	G	G
2	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G
4	G	G	G	G	G	G	G
5	G	G	G	G	G	G	G
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
9	MARGIN	MARGIN	G	MARGIN	MANRCIN	G	MANRCIN
10	MARGIN	MARGIN	NA	G	NG	NG	G

Attribute Gage R&R Study

Attribute Gage R&R Study for Atrials1, Atrials2, Btrials1, Btrials2, Ctrials1, Ctrials2

Within Appraiser

Assessment Agreement



Appraiser	#Inspected	#	Matched	Percent (%)	95.0% CI
A	10		8	80.0	(44.4, 97.5)
B	10		6	60.0	(26.2, 87.8)
C	10		8	80.0	(44.4, 97.5)

Matched: Appraiser agrees with himself/herself across trials.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	#Inspected	#	Matched	Percent (%)	95.0% CI
A	10		8	80.0	(44.4, 97.5)
B	10		6	60.0	(26.2, 87.8)
C	10		8	80.0	(44.4, 97.5)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with standard.

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	#	Matched	Percent (%)	95.0% CI
10		6	60.0	(26.2, 87.8)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent (%)	95.0% CI
10	6	60.0	(26.2, 87.8)

Matched: All appraisers' assessments agree with standard.

Executing from file: C: /Program Files/MTBDEMO/MACROS/
GAtGage. MAC

Attribute Gage R&R Study

Assessment Agreement

Date of study:
Reported by:
Name of product
Misc

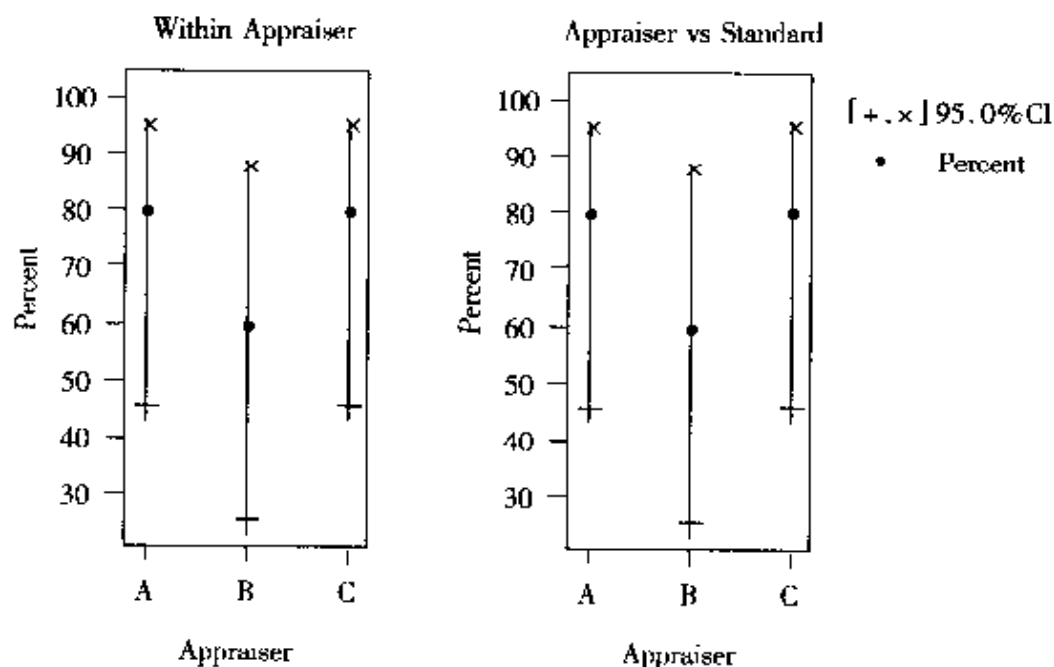


图 4 - 22

从 MINITAB 分析可知, 评价人 A 的一致性为 80%, 评价人 B 的一致性为 60%, 评价人 C 的一致性为 80%, 所以评价人 B 是不合格的检查员, 需要对其进行培训。

④一次型测量系统分析

一次型测量系统分析, 是相对于破坏型实验而言的。

例 4: 一个 6Sigma 项目团队为验证破坏性测量系统的有效性, 用 MINITAB 做计量型测量系统分析。

有 3 个测量员, 选择了 10 个样品进行测试, 每人测量了两次。因为是破坏性试验, 用 10 个样品测量两次来代替 20 个样品, 对同批次的样品是可以这样考虑的。

收集的数据如表 4-8 所示:

表 4-8

	C1	C2	C3
	part	oper	res
35	8	B	9.25
36	8	B	9.25
37	9	B	9.45
38	9	B	9.25
39	10	B	9.15
40	10	B	9.14
41	1	C	10.25
42	1	C	9.45
43	2	C	10.15

(续表)

44	2	C	9.35
45	3	C	10.45
46	3	C	10.34
47	4	C	10.25
48	4	C	9.45
49	5	C	9.12
50	5	C	9.32
51	6	C	9.34
52	6	C	9.23
53	7	C	9.45
54	7	C	9.56
55	8	C	9.34
56	8	C	9.43

ANOVA 分析如下:

Gage R & R Study (Crossed)

G1 part	Part numbers:	part	Gage Info...
G2 oper	Operators:	oper	Options...
G3 res	Measurement data:	res	

Select

Help

OK

Cancel

Gage R&R Study – Nested ANOVA

Gage R&R (Nested) for res

Gage name:

Date of study:

Reported by:

Tolerance: 2

Misc:

Nested ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
oper	2	6.6914	3.34568	13.1623	0.00010
part (oper)	27	6.8630	0.25419	3.6523	0.00040
Repeatability	30	2.0879	0.06960		
Total	59	15.6423			

Gage R&R

Source	VarComp	% Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.224171	70.84
Repeatability	0.069597	21.99
Reproducibility	0.154575	48.84
Part – To – Part	0.092295	29.16
Total Variation	0.316466	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.473467	2.43836	84.16	121.92
Repeatability	0.263812	1.35863	46.90	67.93
Reproducibility	0.393160	2.02477	69.89	101.24
Part - To - Part	0.303801	1.56457	54.00	78.23
Total Variation	0.562553	2.89715	100.00	144.86

Number of Distinct Categories = 1

Gage R&R (Nested) for res

Gage R&R Study - Nested ANOVA

Gage R&R (Nested) for res

Gage name:

Date of study:

Reported by:

Tolerance: 2

Misc:

Nested ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
oper	2	6.6914	3.34568	13.1623	0.00010
part (oper)	27	6.8630	0.25419	3.6523	0.00040

Repeatability	30	2.0879	0.06960
Total	59	15.6423	

Gage R&R

Source	VarComp	% Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.224171	70.84
Repeatability	0.069597	21.99
Reproducibility	0.154575	48.84
Part – To – Part	0.092295	29.16
Total Variation	0.316466	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	% Study Var (% SV)	% Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.473467	2.43836	84.16	121.92
Repeatability	0.263812	1.35863	46.90	67.93
Reproducibility	0.393160	2.02477	69.89	101.24
Part – To – Part	0.303801	1.56457	54.00	78.23
Total Variation	0.562553	2.89715	100.00	144.86

Number of Distinct Categories = 1

Gage R&R (Nested) for res

Gage R&R (Nested) for res

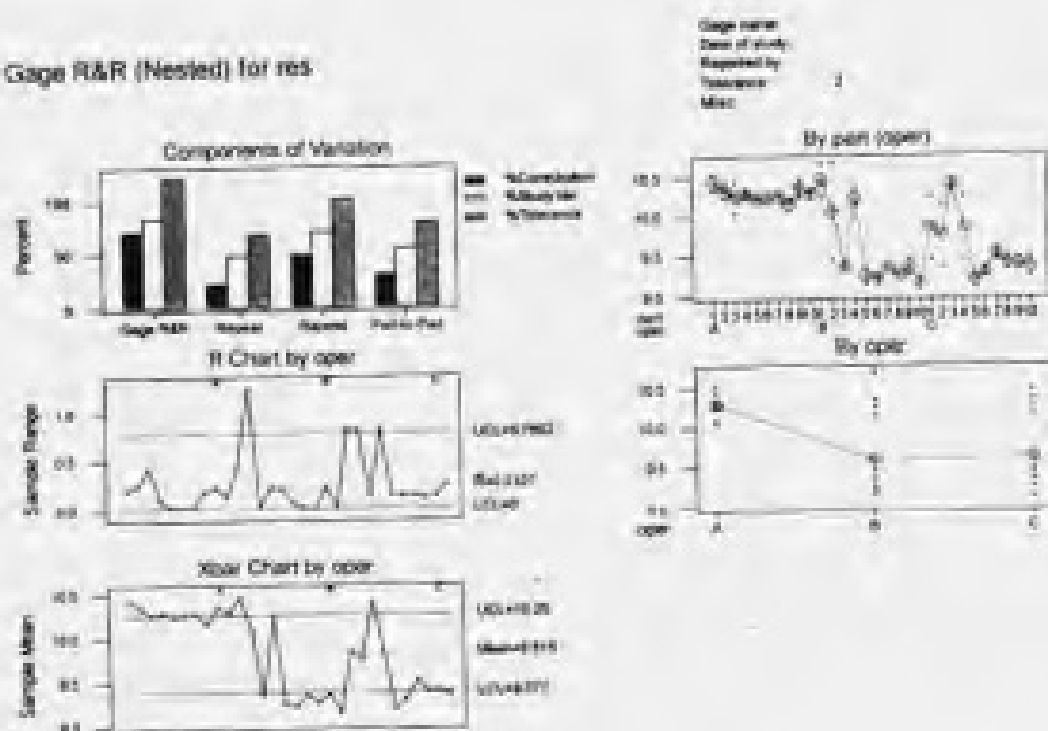


图 4-23

分析结果:

从 MINITAB 分析可知, $P/TV = 84.16\%$, $P/T = 121.92\%$, 都大于 30%, 测量系统是不合格的。又因为分组数 $= 1 < 5$, 所以测量系统分辨率不足。故要进行测量系统改进。

⑤ 测量阶段的常用工具

测量阶段的常用工具有流程图、失效模式与影响分析 (FMEA)、因果图、树状图、测量系统分析, 利用头脑风暴法确定潜在的 X'S, 合理分组计划, 计算短期和长期过程能力等。

1. 流程图

流程图是 6Sigma 管理的基本工具。一切的改善都是建立在流程设计和再设计的基础上的，有价值的流程和无价值的流程区分、流程速度以及流程效率，都是过程改善的重点。如图 4-24 所示：

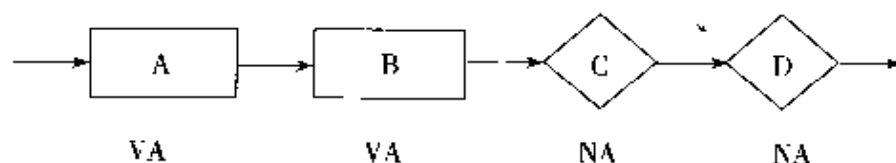


图 4-24

从 A 到过程结束，我们可以区分下面流程运作的速度和效率。如图 4-25 所示：

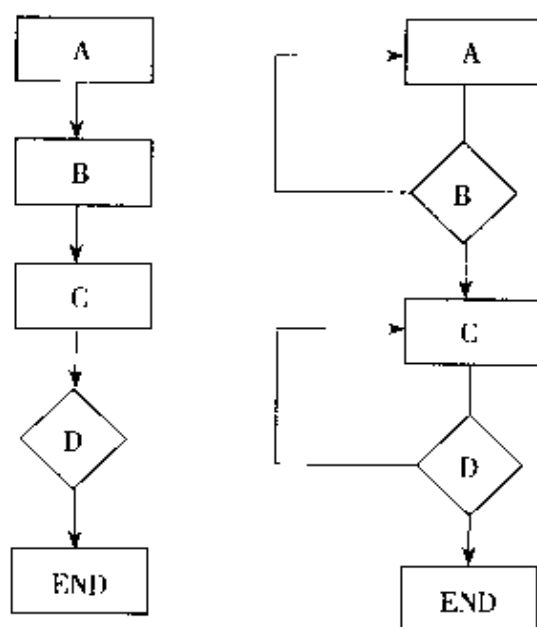


图 4-25



相对一般流程而言，还有较高级的流程 SIPOC。下面是一个高级的 SIPOC 流程，如图 4-26 所示：

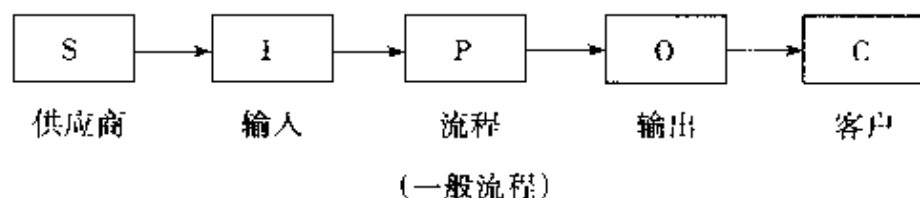


图 4-26

高级流程图包含一般性流程，它可全局性的分析组织的核心流程和业务过程，以便进行流程设计和再设计。

2. 合理分组计划

合理分组计划是数据收集和处理的基本策略，也是为研究短期和长期过程能力做准备。如图 4-27 所示：

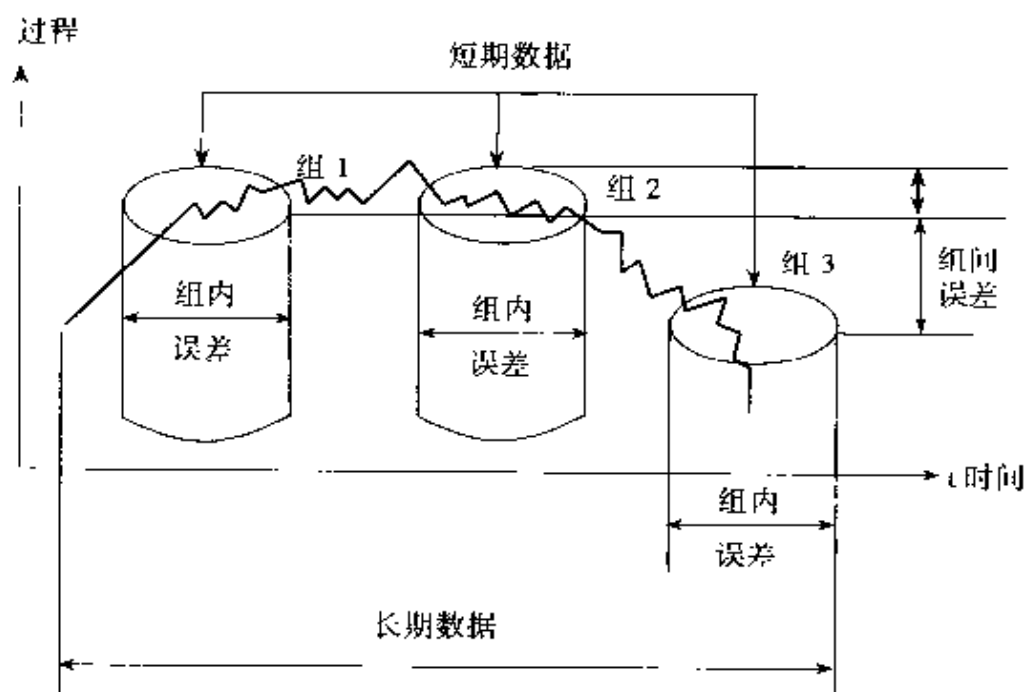


图 4-27

组内的数据只包含偶然原因误差，而组与组之间的数据存在异常原因和偶然原因误差。通过数据的收集，可分析短期和长期的过程能力。

3. 短期和长期的过程能力

短期过程能力是相对收集的短期数据而言的。其计算公式为：

$$Z_{ST} = \frac{SL - T}{\sigma_{ST}}$$

SL——规格上、下限

T——中心值

σ_{ST} ——短期标准偏差

长期过程能力是相对收集的长期数据而言的。其计算公式如下：

$$Z_{LT} = \frac{SL - \bar{X}}{\sigma_{LT}}$$

式中：SL——规格的上、下限

$\bar{X}$ ——均值

σ_{LT} ——长期标准偏差

过程偏移 Z_{shift} 有 1.5σ 的过程偏差：

$Z_{shift} = Z_{ST} - Z_{LT} = 1.5\sigma$ ，这是相对于短期和长期过程能力而言。如下图 4-28 所示。

如果 $Z_{ST} - Z_{LT} > 1.5\sigma$ 则说明控制水平较差，如果 $Z_{ST} - Z_{LT} < 1.5\sigma$ 则说明控制能力尚可。

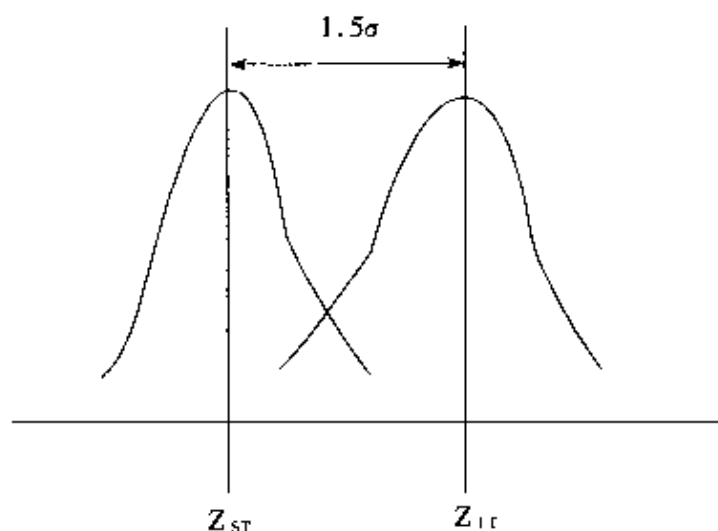


图 4-28

4. 底线分析

底线分析又叫基线分析，是对过程能力进行评价的一种方法，也是用 Z 值度量过程能力的实际运作水平。用一个公式表示为：

$$Z_{\text{Bench}} = Z_{\text{Score}} (P_{\text{USL}} + P_{\text{LSL}})$$

可用图 4-29 表示。

例 5：一个 6Sigma 项目团队为研究某加工系统的现状，收集了一些数据，对该加工系统作底线分析。已知加工规格为 500 ± 1 ，长期标准偏差为 $\sigma_{\text{LT}} = 0.5$ ， $\bar{x} = 499.5$ ，试对加工系统做能力分析。

$$Z_{\text{USL}} = \frac{\text{USL} - \mu}{\sigma} = \frac{501 - 499.5}{0.5} = 3$$

$$P_{\text{USL}} = 1 - \varphi(1) = 1 - 0.841345 = 0.158655$$

$$Z_{\text{LSL}} = \frac{\mu - \text{LSL}}{\sigma} = \frac{499.5 - 499}{0.5} = 1$$

$$P_{LSL} = 1 - \Phi(1) = 1 - 0.841345 = 0.158655$$

$$\text{由于 } P_{\text{total}} = P_{\text{USL}} + P_{\text{LSL}} = 0.31731$$

$$Z_{\text{bench}} = \text{NORMSINV}(1 - P_{\text{total}}) = 0.475234$$

$$Z_{\text{lt}} = Z_{\text{bench}} + 1.5 = 1.975$$

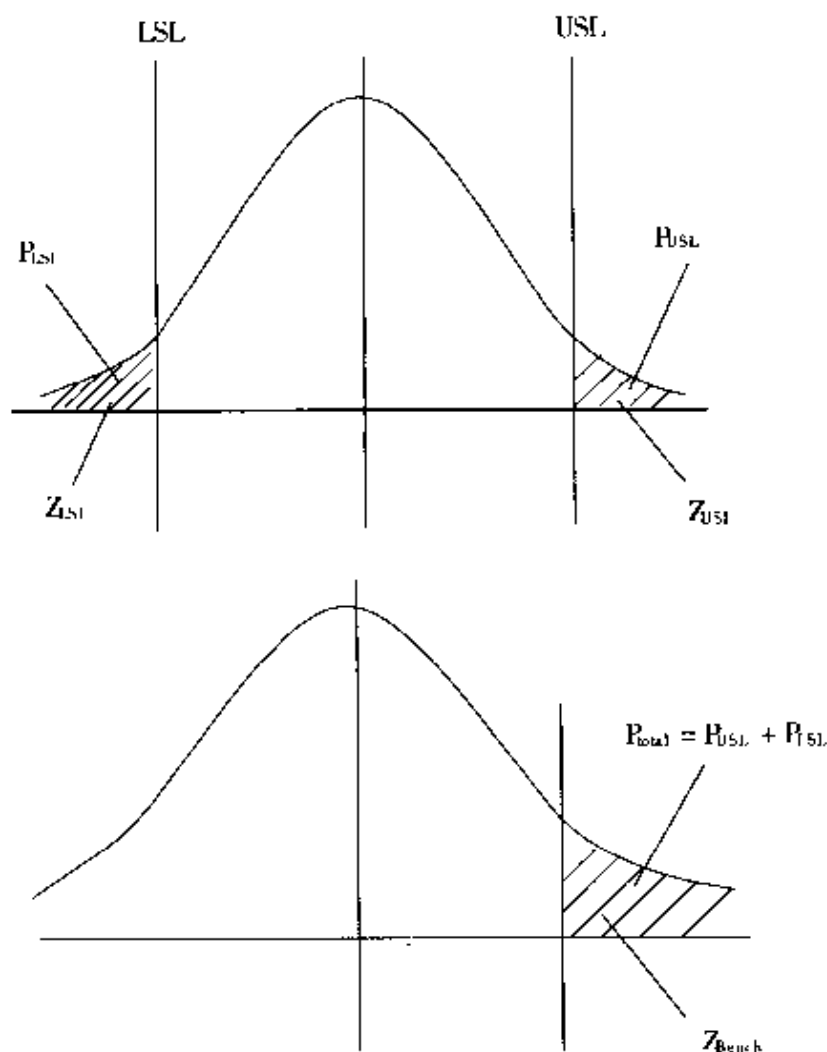


图 4-29

5. 过程能力计算

运用 MINITAB 可计算连续和离散型数据的过程能力以及



正态或非正态数据（二项、泊松、韦伯分布）的过程能力。

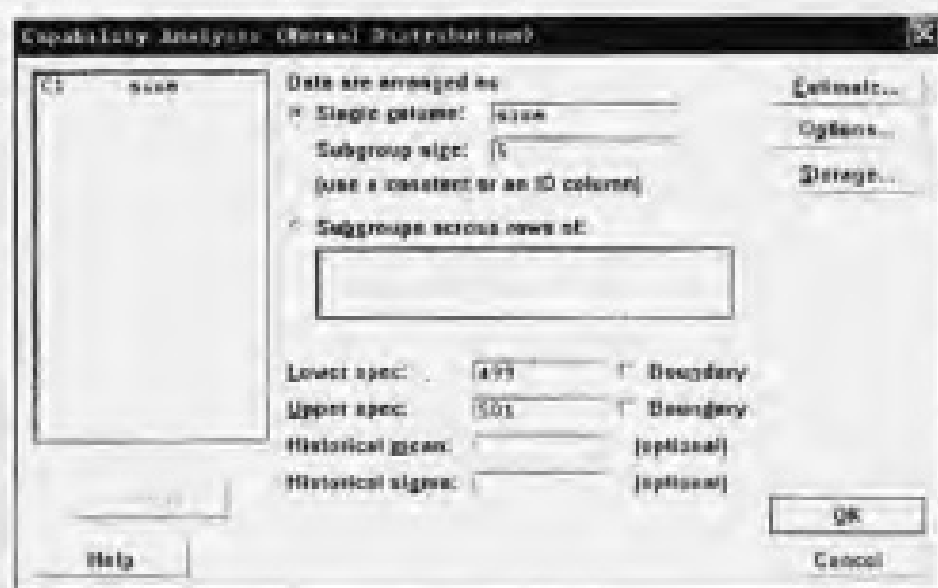
(1) 计量型过程能力分析。

例 6：一个 6Sigma 项目团队为研究某机床的加工能力，用 MINITAB 进行分析，其分析结果如下表 4-9：

表 4-9

↓	C1	↓	C1
⋮	size	⋮	size
5	499.03	17	500.06
6	499.01	18	500.05
7	499.09	19	499.05
8	500.01	20	499.03
9	500.02	21	499.04
10	500.03	22	500.03
11	500.04	23	500.04
12	500.05	24	499.09
13	500.03	25	500.05
14	499.05	26	500.03
15	499.07	27	499.08
16	499.03	28	499.09

从图 4-30 可知， $C_p = 0.67$ ，机床加工能力不行，需要进行改善。 $C_{pk} = 0.34$ ，加工尺寸偏向下规格，因此需要调整加工过程。同时可以计算过程能力如图 4-30。



Process Capability Analysis for size

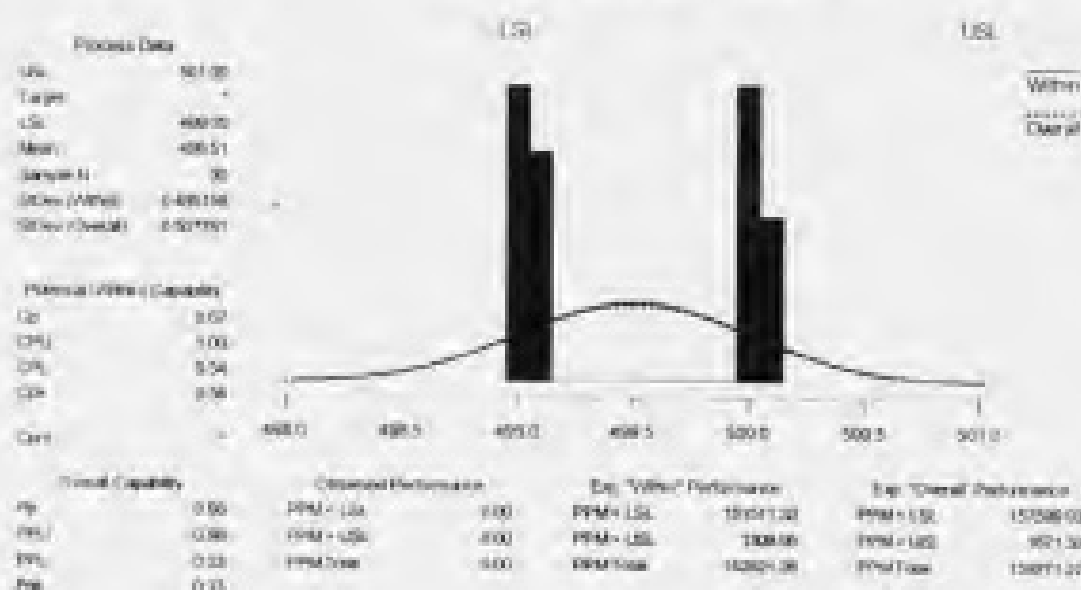


图 4-30

从图 4-30 可知,

$$Z_{\text{bench}} = 1.02$$

$$Z_{\text{st}} = 1.02 + 1.5 = 2.52$$

因此,该机床加工过程能力需要改善。

(2) 计数型过程能力分析。

①二项分布数据的过程能力计算。一个 6Sigma 项目团队,为研究某产品的过程能力,每天抽其 100PCS 做检查,连续抽查 50 天,所检查的不良数据如表 4-10 中所示,试分析该产品的过程能力。

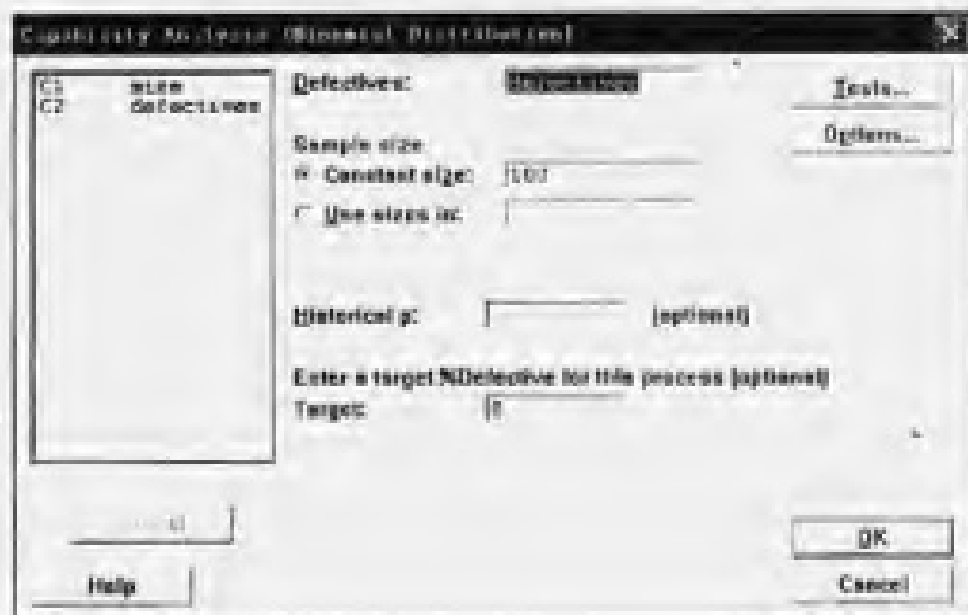
表 4-10

序号	size	defectives
31	100	1
32	100	11
33	100	12
34	100	3
35	100	4
36	100	5
37	100	6
38	100	7
39	100	8
40	100	9
41	100	11
42	100	3
43	100	4
44	100	2



(续表)

45	100	3
46	100	5
47	100	7
48	100	7
49	100	8
50	100	9



从图 4-31 可知, 该产品过程能力为 1.545, $P_{pk} = 0.515$, 产品过程能力需要改善。

② 泊松分布数据的过程能力计算。一个 6Sigma 项目团队, 为研究某产品的过程能力, 每天抽其一定长度的布料作检查, 连续抽查 50 天, 所检查的不良斑点数据如表 4-11 所示, 一个单位定为 500 个长度单位, 试分析该产品的过程能力。

Binomial Process Capability Report for defectives

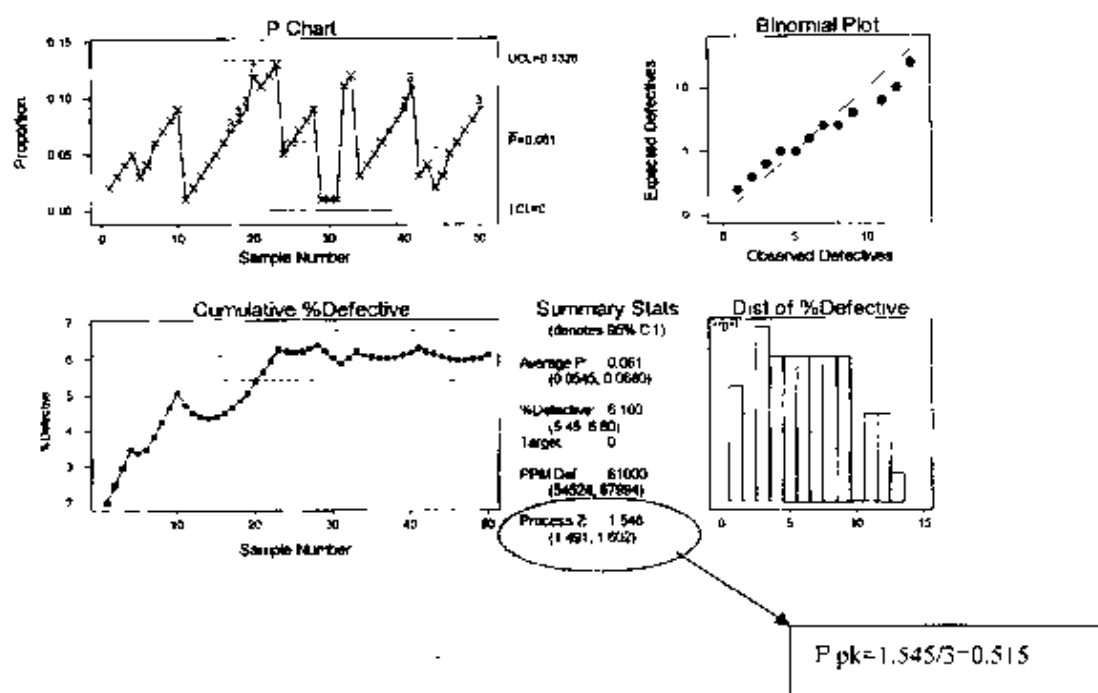


图 4-31

表 4-11

➡	C1	C2
	defects	length
1	14	1804
2	17	1558
3	17	1006
4	18	1887
5	11	1741
6	20	1160
7	11	1014
8	20	1859

(续表)

9	16	1931
10	13	1841
11	13	1477
12	11	1987
13	11	1828
14	18	1629
15	17	1555
16	20	1086
17	15	1023
18	18	1851
19	10	1155
20	14	1094
21	11	1441
22	20	1139

Poisson Process Capability Report for defects

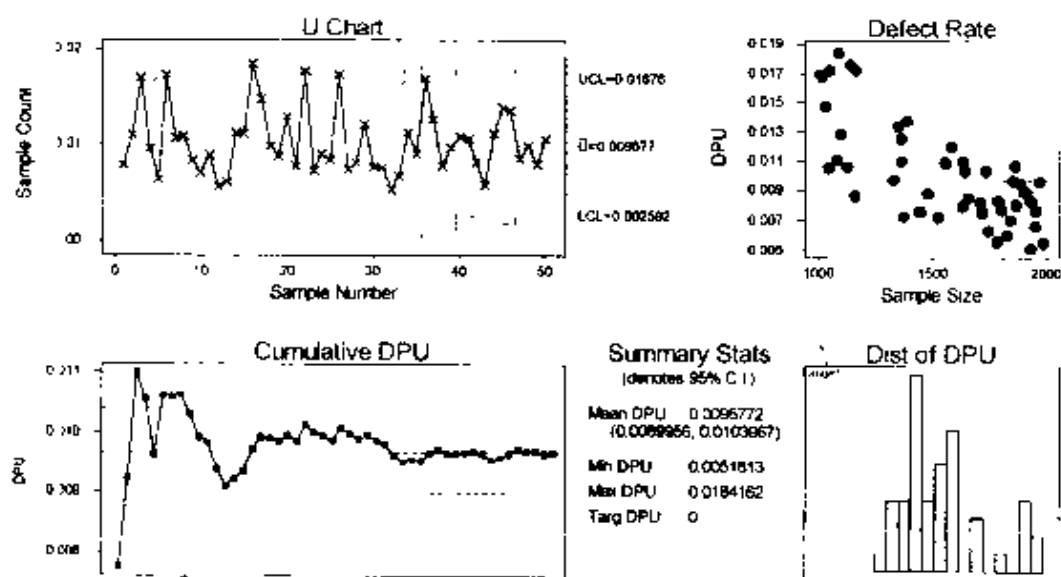


图 4-32

从图 4-32 可知, $DPU = 0.0096772$, $O = 500$,

$DPO = DPU/O = 0.0096772/500 = 0.0000193544$, $DPMO = 19.3544$,

$Z_{score} = NORMSINV(1 - DPMO/1000000) = 4.12$,

$Z_{st} = 4.12 + 1.5 = 5.62$, 该产品过程能力尚可。

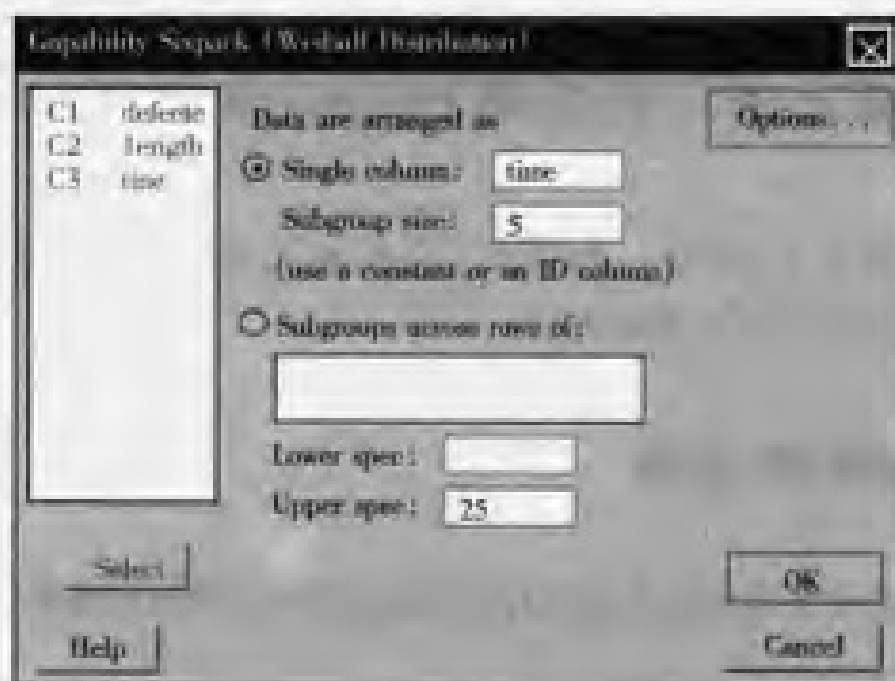
③韦伯分布数据的过程能力计算。一个 6Sigma 项目团队, 为了研究某服务过程周期的过程能力, 收集了 100 个数据如表 4-12 所示, 试分析该服务过程的过程能力。

表 4-12

序号	time	序号	time
74	19.99	85	2.78
75	3.06	86	1.16
76	6.08	87	1.76
77	0.66	88	8.48
78	2.30	89	19.02
79	6.39	90	3.86
80	0.58	91	1.12
81	0.73	92	2.46
82	5.54	93	11.05
83	2.19	94	0.42
84	0.27	95	2.98

从下图可知, 收集的数据都在控制规格内, $P_{pk} = 0.93$, $Z_{it} = 0.93 \times 3 = 2.79$, 因此该服务过程需要进行改善。





第三节 什么是 6Sigma 分析 (A)

所谓 A (Analysis) 即分析。分析确定问题的原因在哪里, 并确定影响问题的关键因素。

● 方差分析

方差分析是确定关键因素的变差来源和重要度的基本方法。

1. 单因素方差分析

单因素方差分析是对一个因子的变差来源及影响度进行分析。其方差分析表如表 4-13:

表 4-13

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	F 临界组
水平影响	SS_A	$A - 1$	$SS_A / A - 1$	MS_A / MS_T	$F_{\alpha, f}$
残差	SS_E	$A(n - 1)$	$SS_T / A(n - 1)$		临界值
总和	SS_T	$nA - 1$			查 F 表

对于单因素 X, $SS_A = n_j (X_j - \bar{x})^2$

$$SS_E = \sum_{j=1}^g \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

$$SS_T = \sum_{j=1}^g \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2$$

这里的 $g = A$, 即组数

以上公式与总体变差等于组内变差加组间变差是一样的。
如图 4-34 所示：

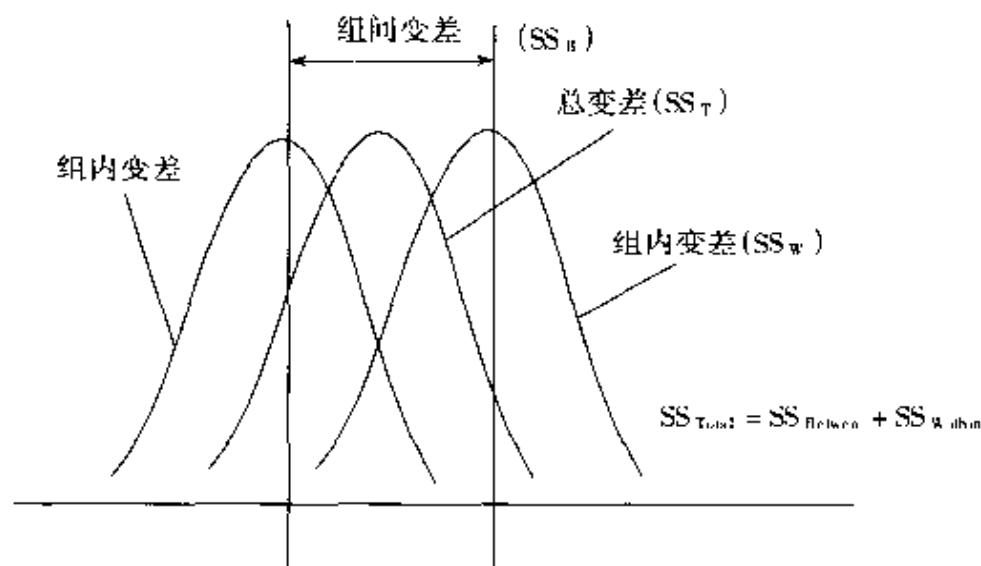


图 4-34

例 7：一个 6Sigma 项目团队为评价某来料质量水平，选其 5 家供应商做评价。用 MINITAB 做单因素方差分析，其分析结果如表 4-14 所示：

表 4-14

↓	C1	C2	C3	C4	C5
	suplyer1	suplyer2	suplyer3	suplyer4	suplyer5
1	12	15	15	15	18
2	13	16	16	16	19
3	14	17	17	17	17
4	15	18	18	14	19
5	16	19	19	15	18

(续表)

6	17	12	17	16	17
7	18	13	18	17	18
8	19	14	19	18	19
9	12	15	18	12	19
10	14	16	19	11	18

One - way ANOVA: suplyer1, suplyer2, suplyer3, suplyer4, suplyer5

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	90.68	22.67	6.24	0.000
Error	45	163.40	3.63		
Total	49	254.08			

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	----- + ----- + --- + --- + ---	
suplyer1	10	15.000	2.449	(----- * -----)	
suplyer2	10	15.500	2.173	(----- * -----)	
suplyer3	10	17.600	1.350	(--- * ---)	
suplyer4	10	15.100	2.234	(----- * -----)	
suplyer5	10	18.200	0.789	(----- * -----)	
				----- + ----- + ----- + ----- + -----	
Pooled StDev = 1.906		14.4	16.0	17.6	19.2

Boxplots of suplyer1 – suplyer5

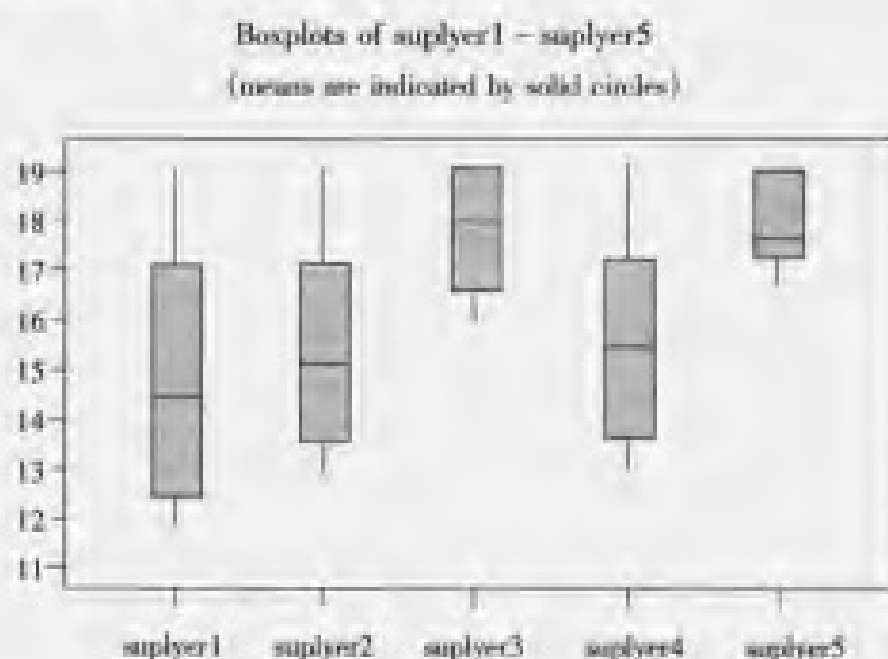


图 4-35

从图 4-35 可知，供应商 5 的标准偏差最小 $S_5 = 0.789$ ，供应商 1 标准偏差最大 $S_1 = 2.449$ ，因此优先选择供应商 5 的来料。其实对供应商来料也可以做方差检验：

表 4-15

↓	C1 - T	C2	C3	C4	C5	C6
	Subscripts		STDV1	VAR1	UPPE1	LOWE1
1	suplyer1	12	2.44949	6.00000	5.57899	1.51300
2	suplyer1	13	2.17307	4.72222	4.94941	1.34226
3	suplyer1	14	1.34990	1.82222	3.07454	0.83380
4	suplyer1	15	2.23358	4.98889	5.08724	1.37964

(续表)

5	suplyer1	16	0.78881	0.62222	1.79661	0.48723
6	suplyer1	17				
7	suplyer1	18				
8	suplyer1	19				
9	suplyer1	12				
10	suplyer1	14				
11	suplyer2	15				
12	suplyer2	16				
13	suplyer2	17				
14	suplyer2	18				
15	suplyer2	19				
16	suplyer2	12				
17	suplyer2	13				
18	suplyer2	14				
19	suplyer2	15				
20	suplyer2	16				
21	suplyer3	15				

Results for: c6

Test for Equal Variances

Response C2
 Factors Subscripts
 Confl.v1 95.0000



Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
1.51300	2.44949	5.57899	10	suplyer1
1.34226	2.17307	4.94941	10	suplyer2
0.83380	1.34990	3.07454	10	suplyer3
1.37964	2.23358	5.08724	10	suplyer4
0.48723	0.78881	1.79661	10	suplyer5

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 11.813

P - Value: 0.019

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 2.595

P - Value : 0.049

Test for Equal Variances: C2 vs Subscripts

从图 4-36 可以看出供应商 5 的方差也是最小的, 从 P 值来看都小于 0.05, 因此五个供应商的质量水平还是有显著的差异。



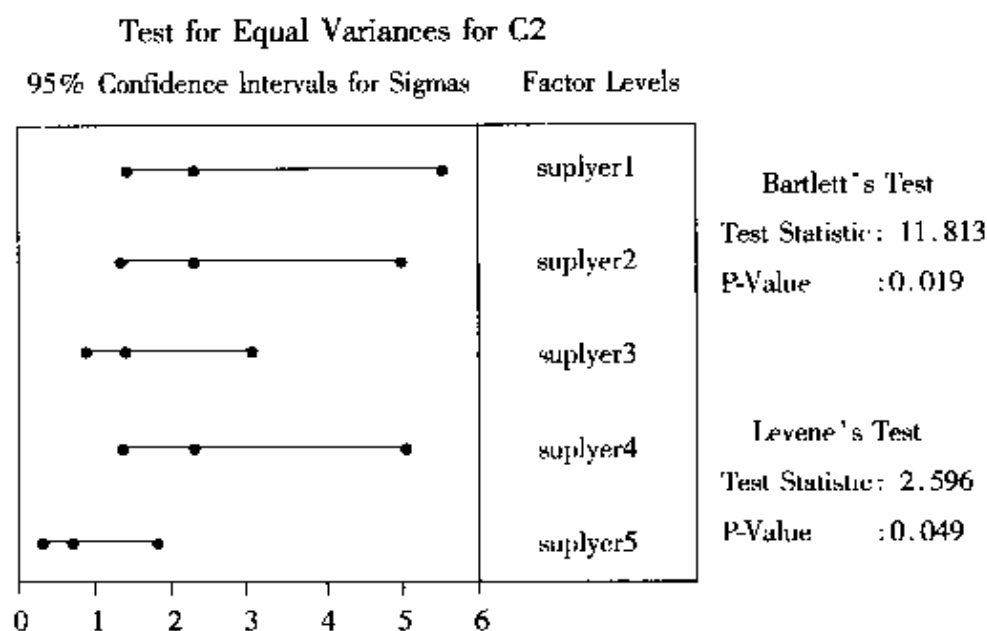


图 4-36

2. 双因素方差分析

双因素方差分析有两种模式：一种无交互作用影响，另一种有交互作用影响。

(1) 双因素无交互作用方差表。

表 4-16

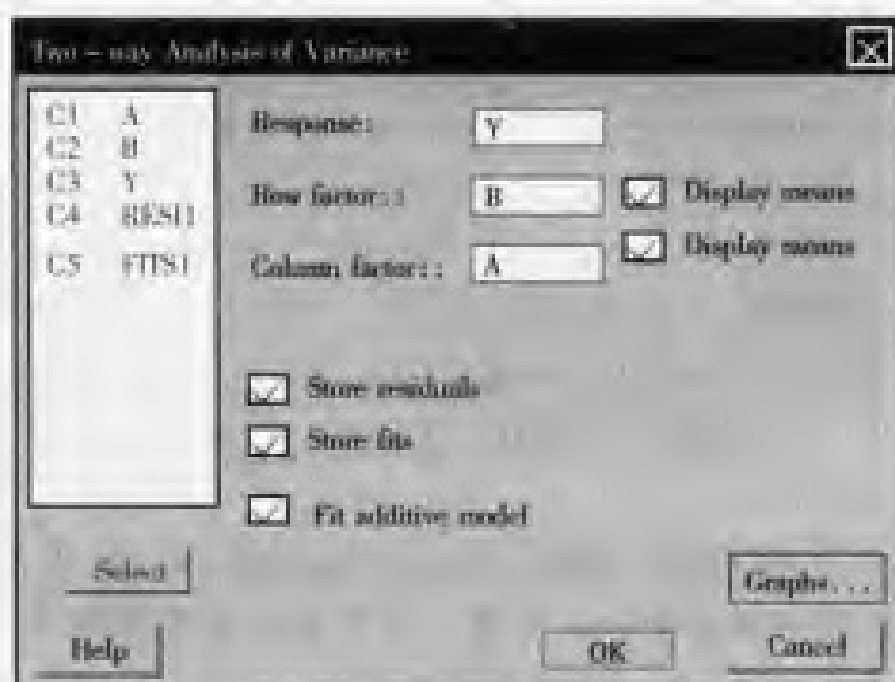
方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	临界值
因素 A	SS_A	$l-1$	$SS_A/(l-1)$	SS_A/SS_E	查表 得 $F_{\alpha, l-1, (l-1)(m-1)}$ 值
因素 B	SS_B	$m-1$	$SS_B/(m-1)$	SS_B/SS_E	
残差	SS_E	$(l-1)(m-1)$	$SS_E/((l-1)(m-1))$		
总和	SS_T	$lm-1$			

例 8：一个 6Sigma 项目团队为研究某化工产品的合格率进

行了一个简单的试验。温度 (A) 有三个水平, 压力 (B) 有两个水平, 合格率 (Y), 试用 MINITAB 做双因素方差分析。其分析结果如表 4-17:

表 4-17

↓	C1	C2	C3	C4	C5
	A	B	Y	RESID	FTSI
1	1	1	60	2.5	57.5
2	2	1	70	-7.5	77.5
3	3	1	80	5.0	75.0
4	1	2	15	-2.5	17.5
5	2	2	45	7.5	37.5
6	3	2	30	-5.0	35.0
7					
8					



Two - way ANOVA: Y versus B, A

Analysis of Variance for Y

Source	DF	SS	MS	F	
B	1	2400.0	2400.0	27.43	0.035
A	2	475.0	237.5	2.71	0.269
Error	2	175.0	87.5		
Total	5	3050.0			

Individual 95% CI

B	Mean	----- + ----- + ----- + ----- + -----
1	70.0	(----- * -----)
2	30.0	(----- * -----)
		----- + ----- + ----- + ----- + -----
		25.0 50.0 75.0 100.0

Individual 95% CI

A	Mean	----- + ----- + ----- + ----- + -----
1	37.5	(----- * -----)
2	57.5	(----- * -----)
3	55.0	(----- * -----)
		----- + ----- + ----- + ----- + -----
		20.0 40.0 60.0 80.0

从方差分析可知，温度 A 因子的影响 $P=0.269$ 大于 0.05，A 因子对合格率的影响不显著；压力 B 因子的影响 $P=0.035$ 小于 0.05，B 因子对合格率的影响显著。

(2) 双因素有交互作用表。

双因素有交互作用的方差分析如表 4-18 所示：

表 4-18

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	临界组
因素 A	SS_A	$l-1$	$SS_A/l-1$	SS_A/SS_E	查表 $F_{\alpha, l-1, m-1}$ 临界值与 F 值进行 比较
因素 B	SS_B	$m-1$	$SS_B/m-1$	SS_B/SS_E	
因素 AB	SS_{AB}	$(l-1)(m-1)$	$\frac{SS_{AB}}{(l-1)(m-1)}$	SS_{AB}/SS_E	
残差	SS_E	$lm(r-1)$	$\frac{SS_E}{lm(r-1)}$		
总和	SS_T	$lmr-1$			

例 9：一个 6Sigma 项目团队为研究某化工产品的合格率进行了一个简单的试验。温度 (A) 有三个水平，压力 (B) 有两个水平，合格率 (Y)，试用 MINITAB 做双因素方差分析 (考虑交互作用的影响)。其分析结果如表 4-19 所示：

表 4-19

↓	C1	C2	C3	↓	C1	C2	C3
	A	B	Y		A	B	Y
1	1	1	60	12	3	2	35
2	2	1	70	13	1	1	80
3	3	1	80	14	2	1	98
4	1	2	15	15	3	1	89
5	2	2	45	16	1	2	23



(续表)

6	3	2	30	17	2	2	35
7	1	1	68	18	3	2	25
8	2	1	80	19	1	1	89
9	3	1	90	20	2	1	90
10	1	2	12	21	3	1	95
11	2	2	23	22	1	2	23

① ANOVA 分析:



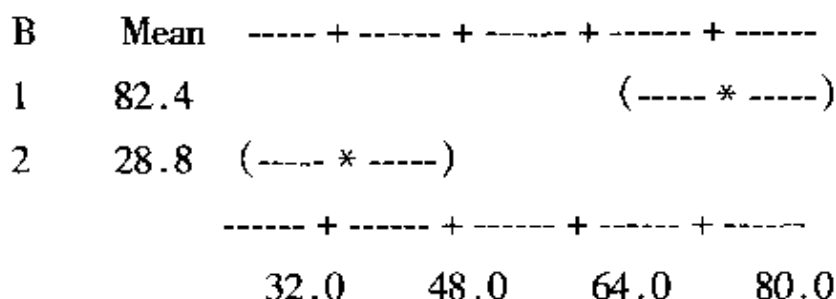
Interaction Plot for Y

Two - way ANOVA: Y versus B, A

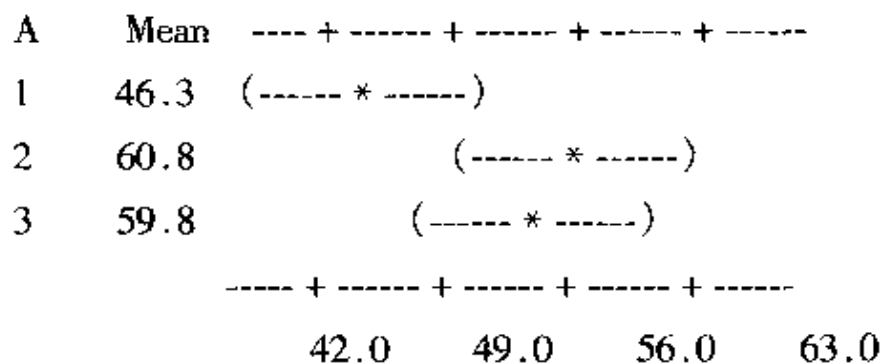
Analysis of Variance for Y

Source	DF	SS	MS	F	P
B	1	17280.7	17280.7	202.31	0.000
A	2	1049.3	524.7	6.14	0.009
Interaction	2	116.3	58.2	0.68	0.519
Error	18	1537.5	85.4		
Total	23	19983.8			

Individual 95% CI



Individual 95% CI



从 ANOVA 分析可知, A, B 因子的 P 值都小于 0.05, A, B 因子对 Y 都有显著影响。但交互作用影响大于 0.05, 所以交互作用影响不明显。我们看下面的图也可以得到同样的结论。

②主要因子影响及交互作用影响分析:



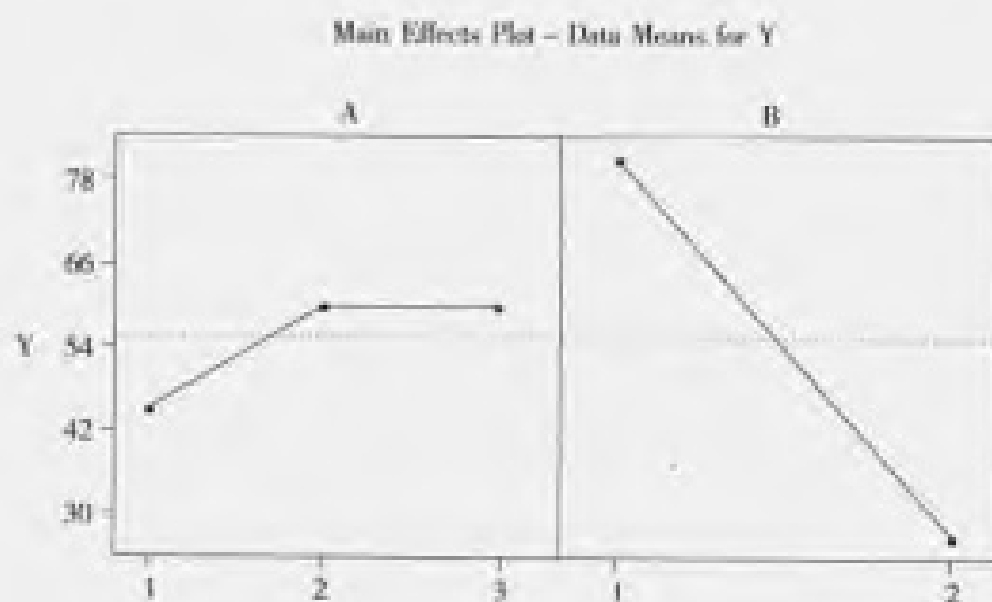
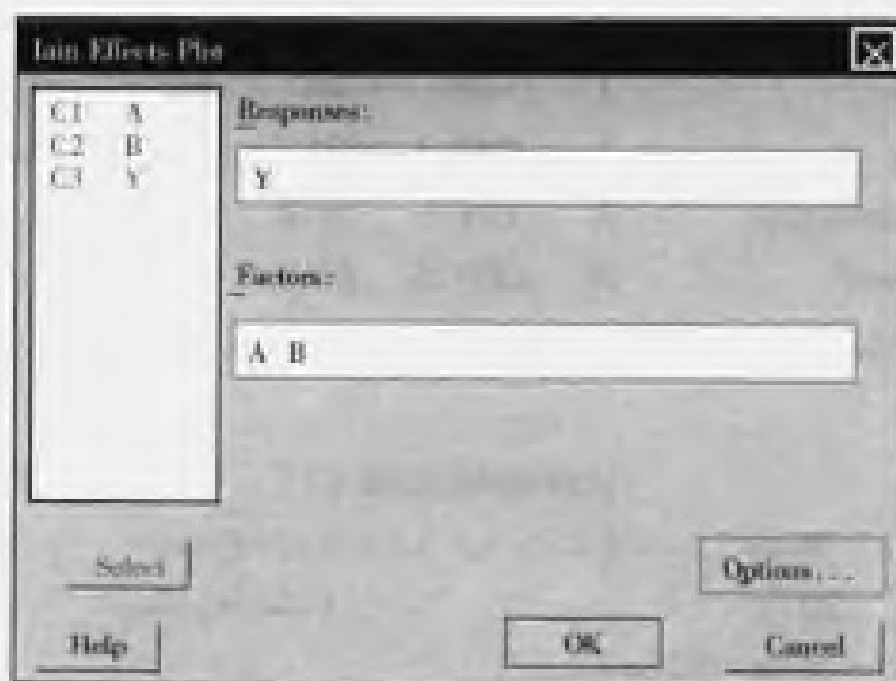


图 4-37

从图 4-37 可知，A 因子的 2 水平与 B 因子的 1 水平对 Y 的影响最大。

③主要因子影响及交互作用影响分析:

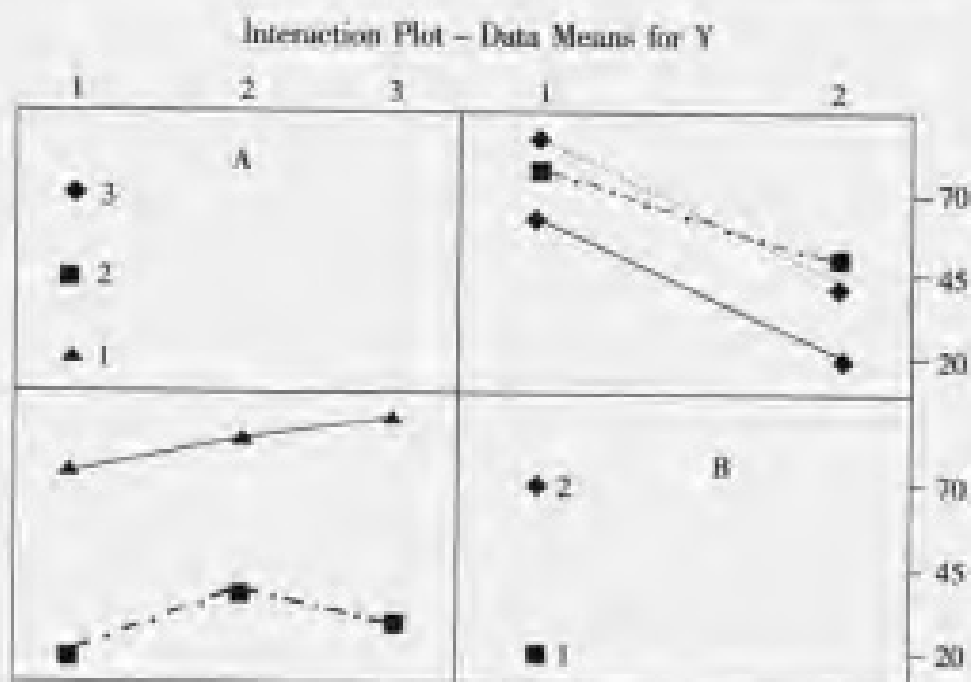
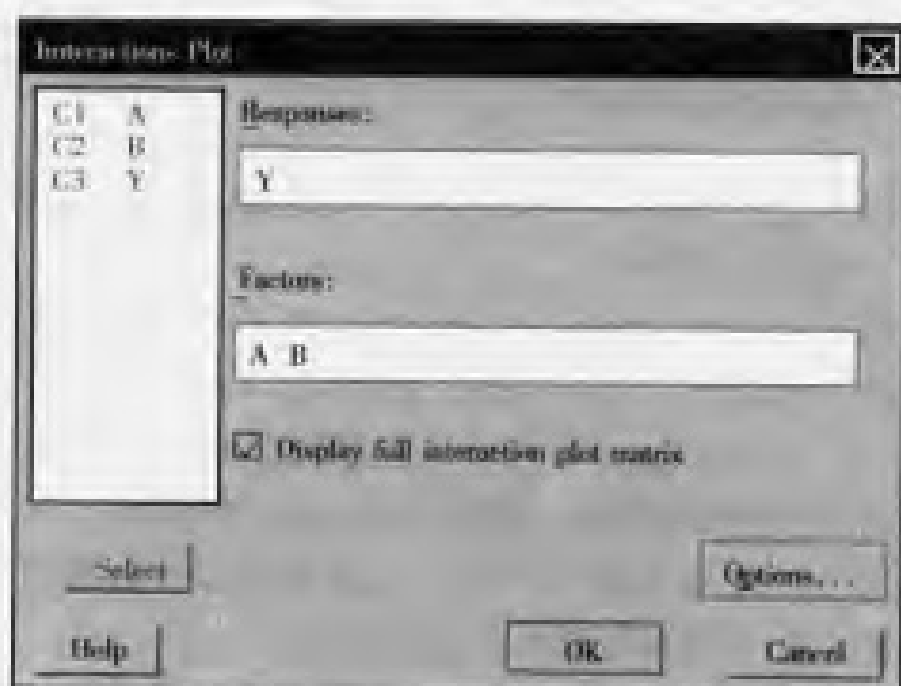


图 4-38

从图 4-38 可知, 交互作用的 $P = 0.519 > 0.05$, 因此, A_3B_1 与 A_2B_1 有一点交互作用的影响, 但不十分明显。

3. 多因素方差分析

多因素方差分析又分平衡方差分析和非平衡方差分析。

(1) 平衡方差分析。

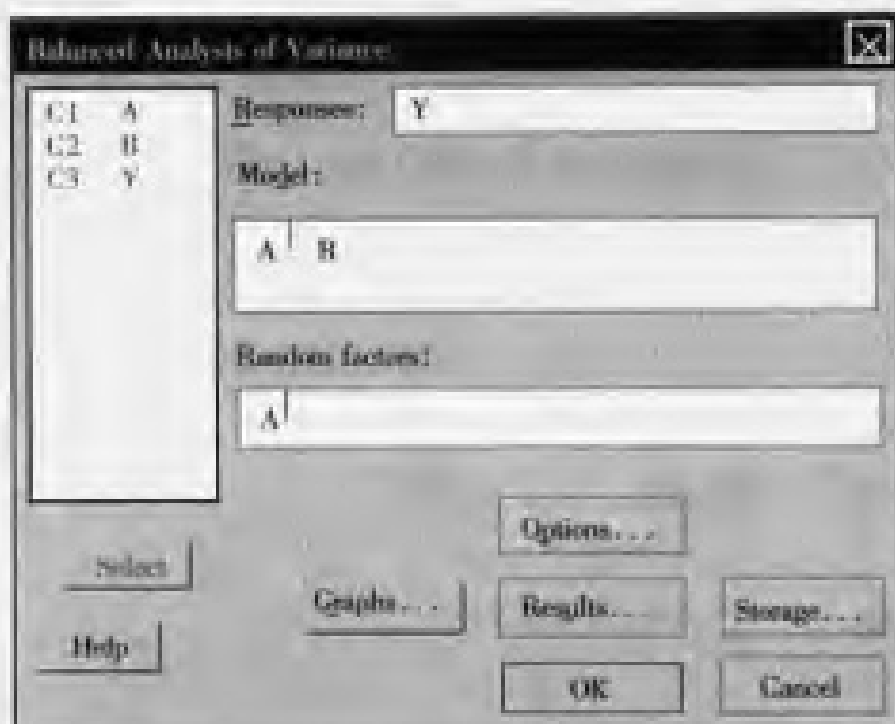
平衡方差分析 (Balanced ANOVA) 是对水平相同的多因素进行分析, 例如因子的水平都是 2 水平或 3 水平。

例 10: 一个 6Sigma 项目团队为研究某化工产品的合格率进行了一个简单的试验。温度 (A) 有 4 个水平, 压力 (B) 有 4 个水平, 成品合格率 (Y), 试用 MINITAB 做双因素平衡方差分析。其分析结果如表 4-20 所示:

表 4-20

↓	C1	C2	C3	↓	C1	C2	C3
	A	B	Y		A	B	Y
1	1	1	60	12	4	3	35
2	2	1	70	13	1	4	80
3	3	1	80	14	2	4	98
4	4	1	15	15	3	4	89
5	1	2	45	16	4	4	23
6	2	2	30	17	1	1	35
7	3	2	68	18	2	1	25
8	4	2	80	19	3	1	89
9	1	3	90	20	4	1	90
10	2	3	12	21	1	2	95
11	3	3	23	22	2	2	23





ANOVA: Y versus A, B

Factor	Type	Levels	Values
A	random	4	1 2 3 4
B	fixed	4	1 2 3 4

Analysis of Variance for Y

Source	DF	SS	MS	F	P
A	3	3162.9	1054.3	3.56	0.061
B	3	357.6	119.2	0.40	0.755
A * B	9	2666.9	296.3	0.36	0.947
Error	32	26630.0	832.2		

Total 47 32817.3

Source	Variance	Error	Expected Mean Square for Each Term component term (using unrestricted model)
1 A	63.17	3	(4) + 3(3) + 12(1)
2 B		3	(4) + 3(3) + Q[2]
3 A * B	- 178.62	4	(4) + 3(3)
4 Error	832.19		(4)

Means

A	N	Y
1	12	57.083
2	12	43.917
3	12	66.083
4	12	60.167

B	N	Y
1	12	56.167

从平衡方差分析可知，温度 A 因子的影响 $P = 0.061$ ，大于 0.05，A 因子对合格率的影响不显著；压力 B 因子的影响 $P = 0.755$ ，大于 0.05，B 因子对合格率的影响不显著；A × B 因子的影响 $P = 0.947$ ，也大于 0.05，因此，AB 因子交互作用的影响也不明显。

(2) 非平衡方差分析 (GIM)。



非平衡方差分析是对多因素的不同水平进行方差分析。例如 A, B 因子有 2 个水平, 而 C, D 因子有 3 个水平, 因子的水平数不相同, 即可进行非平衡方差分析。

例 11: 一个 6Sigma 项目团队为研究某化工产品的合格率进行了一个简单的试验。温度 (A) 有两个水平, 压力 (B) 有两个水平, 成品合格率 (Y), 试用 MINITAB 做 GLM 方差分析。其分析结果如表 4-21 所示:

表 4-21

↓	C1	C2	C3	↓	C1	C2	C3
	A	B	Y		A	B	Y
1	1	1	73	10	2	1	23
2	2	1	84	11	1	1	45
3	1	1	56	12	2	1	67
4	2	1	34	13	1	2	85
5	1	2	89	14	2	2	86
6	2	2	95	15	1	2	92
7	1	2	98	16	2	2	97
8	2	2	90	17			
9	1	1	95				

General Linear Model: Y versus A, B

Factor	Type	Levels	Values
A	fixed	2	1 2
B	fixed	2	1 2



Analysis of Variance for Y, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	203.1	203.1	203.1	0.61	0.450
B	1	4064.1	4064.1	4064.1	12.18	0.004
A * B	1	264.1	264.1	264.1	0.79	0.391
Error	12	4002.8	4002.8	333.6		
Total	15	8533.9				

Unusual Observations for Y

Obs	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
2	84.0000	52.0000	9.1318	32.0000	2.02R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Executing from file: C: \ Program Files \ MTBDEMO \
MACROS \ GFMAIN. MAC

Macro is running . . . please wait

Main Effects Plot for Y

Executing from file: C: \ Program Files \ MTBDEMO \
MACROS \ GFINT. MAC

Macro is running . . . please wait

Interaction Plot for Y



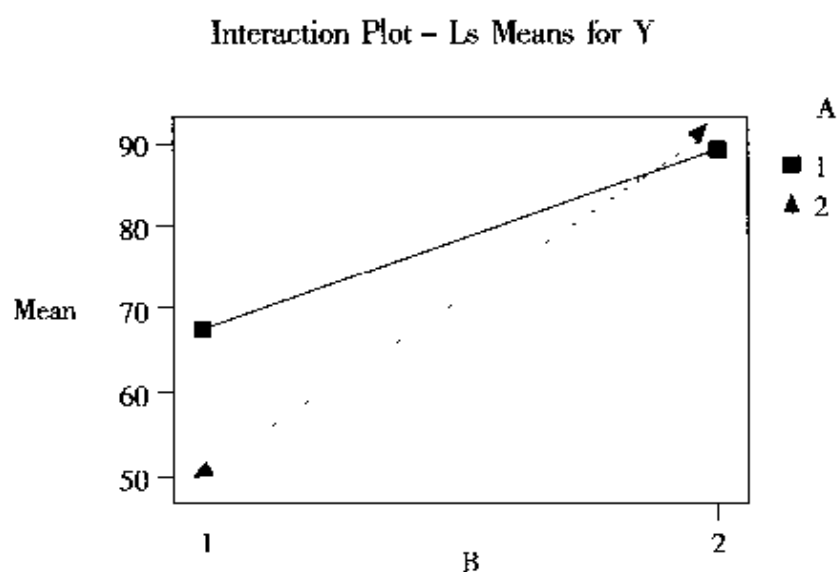
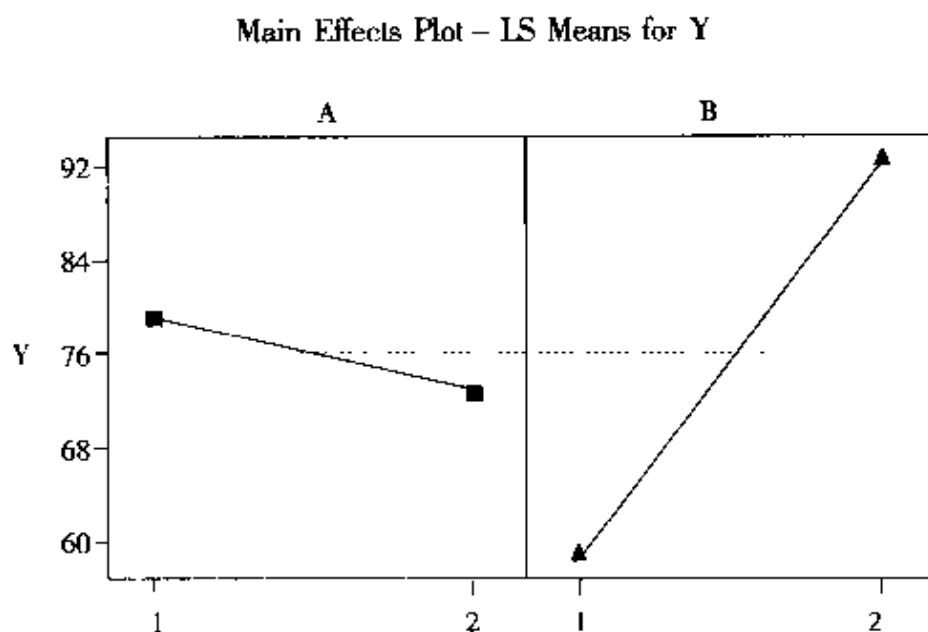


图 4 - 39

从 GLM 方差分析可知，温度 A 因子的影响 $P = 0.45$ 大于 0.05，A 因子对合格率的影响不显著；压力 B 因子的影响 $P = 0.004$ 小于 0.05，B 因子对合格率的影响显著； $A \times B$ 因子 $P =$



0.391 也大于 0.05, AB 因子交互作用的影响不明显。

● 假设检验

对总体分布进行某种假设, 从总体中抽取样本并进行检验, 从而决定接受假设或拒绝假设的过程。

1. 零假设 (H_0) 和备择假设 (H_a)

零假设 (H_0) 是不存在变化或差异的假设, 如无充分证据拒绝它, 这一命题是真的。

备择假设 (H_a) 是存在变化或差异的假设, 如果拒绝它, 则认为这一命题是真的。

2. I 类错误和 II 类错误

当 H_0 实际为真时而被拒绝所产生的错误叫 I 类错误。当 H_0 实际为假而没被拒绝叫 II 类错误。

3. α 风险和 β 风险

当 H_0 为真时, 拒绝 H_0 , 为 α 风险, 又称为厂家风险。通常 α 为 5%。

当 H_0 为假时, 接受 H_0 , 为 β 风险, 又称为商家风险。通常 β 为 10% ~ 20%。

4. P 值和显著性水平

P 值和显著性水平, 在假设检验中一般为 5%, 即 0.05。 $P \geq 0.05$, 则接受零假设 (H_0), 否则, 拒绝零假设。



5. 假设检验的一般流程

假设检验的一般流程如图 4-40 所示：

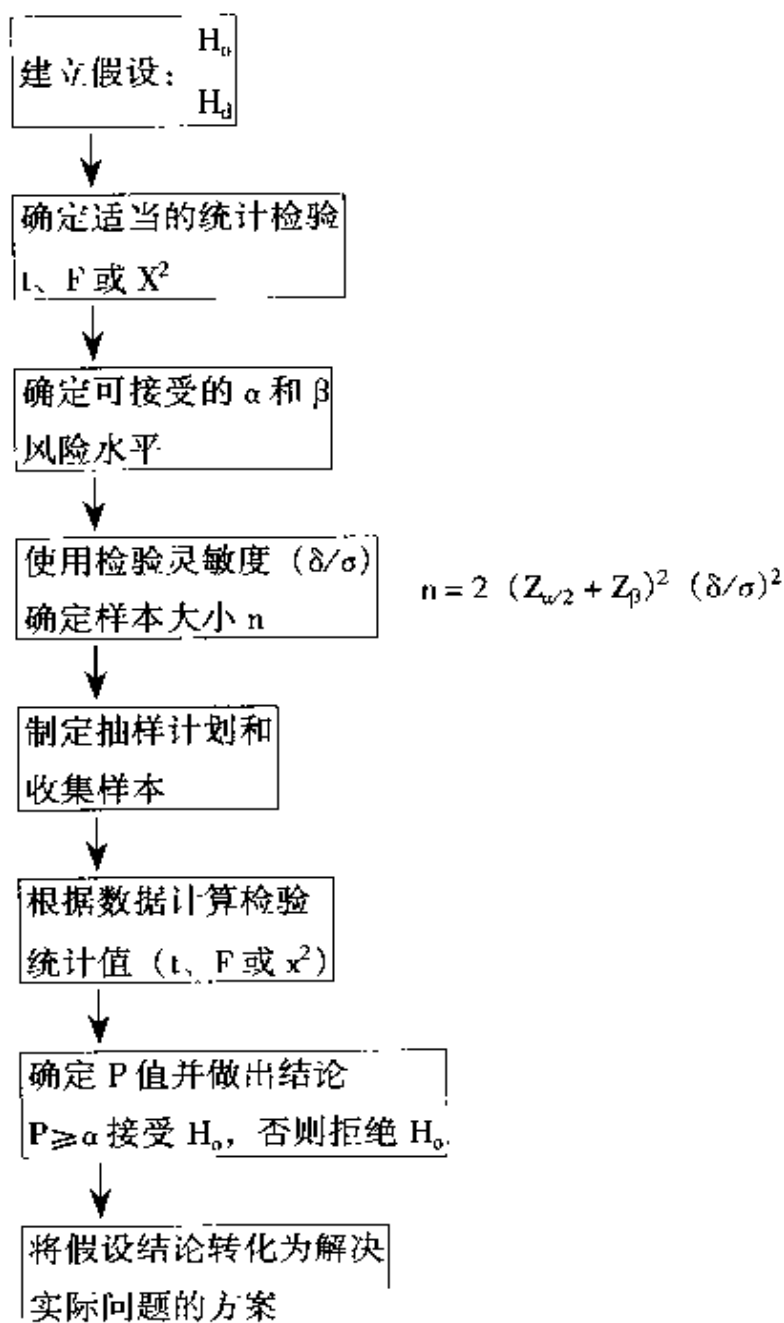


图 4-40

6. 假设检验的接受域和拒绝域

假设检验的接受域为 α ，则拒绝域为 $1 - \alpha$ ，反之亦然。如图 4-41 所示：

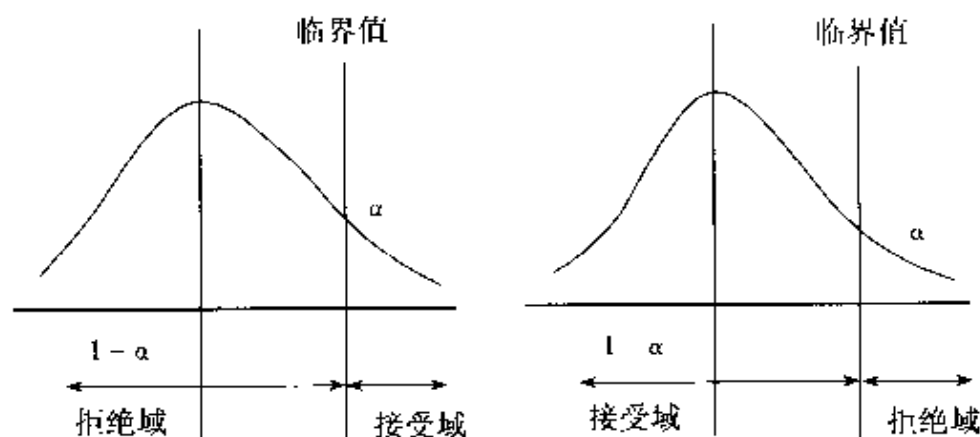


图 4-41

假设检验又可分为单侧检验和双侧检验，但接受域和拒绝域范围不变，如图 4-42 所示：

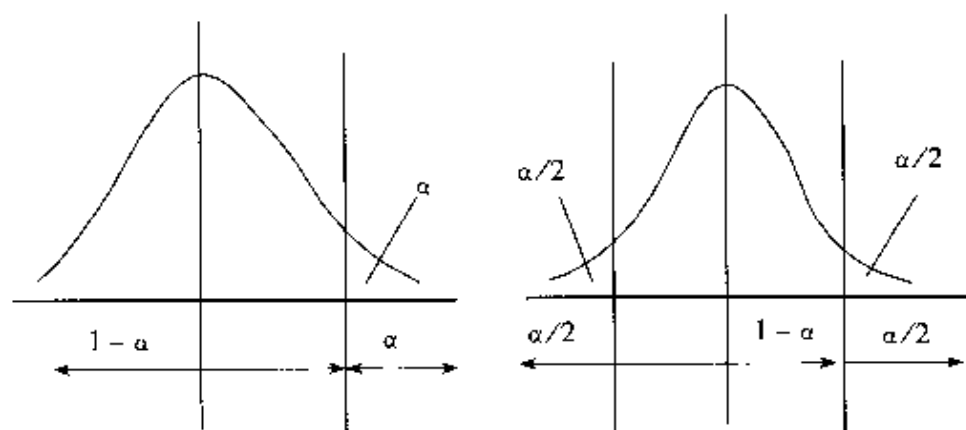


图 4-42

7. 单侧检验和双侧检验的假设条件

假设检验的单侧检验和双侧检验条件如表 4-22 所示:

表 4-22

检验类别	假设检验条件	单侧检验或双侧检验
均值 μ 检验	$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$	双侧检验
	$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $H_a: \mu_1 < \mu_2$ $\mu_1 > \mu_2$	单侧检验
	$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$ $H_a: \mu_1 > \mu_2$	单侧检验
	$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$ $H_a: \mu_1 < \mu_2$	单侧检验
方差 σ 检验	$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ $H_a: \sigma_1 \neq \sigma_2$	双侧检验
	$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ $H_a: \sigma_1 > \sigma_2$ $\sigma_1 < \sigma_2$	单侧检验
比例 P 检验	$H_0: P_1 = P_2$ $H_a: P_1 \neq P_2$	双侧检验
	$H_0: P_1 = P_2$ $H_a: P_1 < P_2$ $P_1 > P_2$	单侧检验



8. 假设检验及其应用

(1) 单样本 Z 检验。

单样本 Z 检验是对单个总体样本的均值进行检验，一般要求样本产量大于 30，且总体的标准差 σ 已知。假设检验 $H_0: \mu = \mu_0$, $H_a: \mu \neq \mu_0$ ，则检验公式为 $Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma_0 / \sqrt{n}}$ ，对显著性水平 α 的拒绝域为： $|\mu| > \mu_{\alpha/2}$, $\mu > \mu_{\alpha}$, $\mu < -\mu_{\alpha}$ 。

例 12：一个 6Sigma 项目团队为研究某产品的重量是否合格，抽取了一定数量的样品。已知 $\sigma = 4.88$ ，标准重量 $\mu = 500$ ，现在项目组抽取 30 个样品，检验样品的平均值是否是 500，试用 MINITAB 做 1 - sample Z 检验。其分析结果如表 4 - 23：

表 4 - 23

↓	C1	↓	C2
	SAMPLE		SAMPLE
5	496	16	503
6	493	17	504
7	499	18	505
8	495	19	496
9	492	20	492
10	503	21	493
11	492	22	494
12	493	23	495
13	495	24	496
14	506	25	497
15	502	26	498

One - Sample Z: SAMPLETest of $\mu = 500$ vs $\mu \text{ not } = 500$

The assumed sigma = 4.88

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean
SAMPLE	30	498.000	4.885	0.891

Variable	95.0% CI	Z	P
SAMPLE	(496.254, 499.746)	-2.24	0.025

Z Dotplot of SAMPLE

Dotplot of SAMPLE

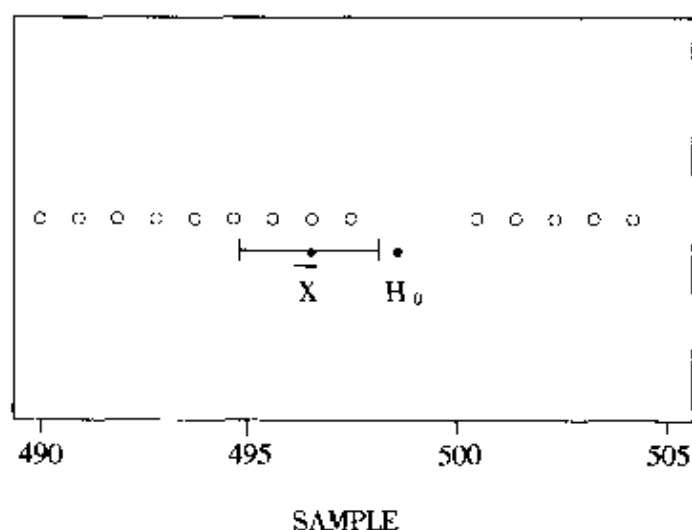
(With H_0 and 95% Z - Confidence interval for the mean, using Sigma = 4.8800)

图 4 - 43

从上检验可知, $P = 0.025 < 0.05$, 拒绝零假设 H_0 。从上图也可知, H_0 在拒绝域外, 因此 30 个样品的平均值不等于 500。

(2) 双样本 Z 检验。

双样本 Z 检验是对两个总体的均值进行检验, n_1 、 n_2 和



σ_1 、 σ_2 已知，假设检验 $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ， $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ ，则检验公式

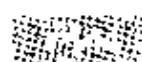
为 $Z = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$ ，对显著性水平 α 的拒绝域为 $|\mu| > \mu_{\alpha/2}$ ， $\mu >$

μ_{α} ， $\mu < -\mu_{\alpha}$ 。

例 13：一个 6Sigma 项目团队为研究两台机器加工某产品的重量是否一样，收集了两组数据，已知 $\sigma_1 = 4.63$ ， $\sigma_2 = 5.24$ ，现在项目组检验样品的平均值是否是相等，试用 MINITAB 做检验分析。其分析结果如表 4-24：

表 4-24

	Samples1	Samples2
1	495	503
2	505	504
3	498	505
4	497	496
5	496	492
6	493	493
7	499	494
8	495	495
9	492	496
10	503	497
11	492	498
12	493	505
13	496	504
14	506	505
15	502	491



Two - Sample T - Test and CI: samples1, samples2

Two - sample T for samples1 vs samples2

	N	Mean	StDev	SE Mean
samples1	15	497.47	4.63	1.2
samples2	15	498.53	5.24	1.4

Difference = μ samples1 - μ samples2

Estimate for difference: -1.07

95% CI for difference: (-4.77, 2.63)

T - Test of difference = 0 (vs not =): T - Value = -0.59

P - Value = 0.559 DF = 27

Dotplots of samples1 and samples2

(means are indicated by lines)

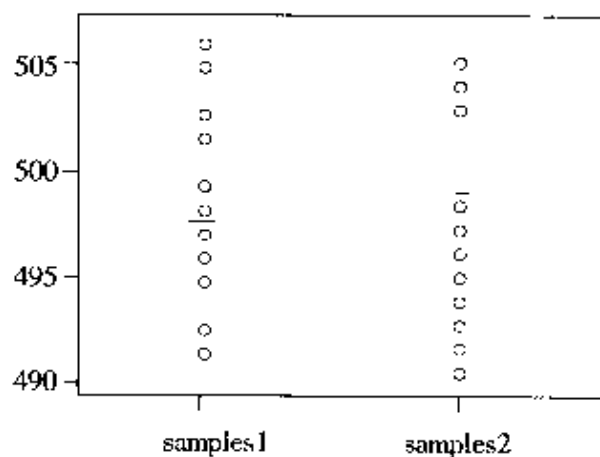


图 4 - 44

从以上检验可知, $P = 0.559 > 0.05$, 因此无法拒绝零假设

H_0 ，从上图可知，两组平均值基本相等，因此两台机器没有显著差异。

(3) 单样本 t 检验。

单样本 t 检验也是对单个样本的均值进行检验。已知样本的标准偏差 S ， $H_0: \mu = \mu_0$ ， $H_a: \mu \neq \mu_0$ ，那么用 $t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$ 进行检验。对显著性水平 α 的拒绝域为： $|t| > t_{\alpha/2}(n-1)$ ， $t > t_{\alpha/2}(n-1)$ ， $t < -t_{\alpha/2}(n-1)$ 。

例 14：一个 6Sigma 项目团队为研究某产品的重量是否合格，已知该产品的标准重量 $\mu = 500$ ，现在项目组抽取 30 个样品，检验样品的平均值是否是 500，试用 MINITAB 做 1 - sample t 检验。其分析结果如表 4 - 25：

表 4 - 25

↓	C1	↓	C1
	Samples1		Samples1
1	495	12	493
2	505	13	496
3	498	14	506
4	497	15	502
5	496	16	503
6	493	17	504
7	499	18	505
8	495	19	496
9	492	20	492
10	503	21	493
11	492	22	494



One - Sample T: samples1

Test of $\mu = 500$ vs $\mu \text{ not } = 500$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean
samples1	30	498.000	4.885	0.892

Variable	95.0% CI	T	P
samples1	(496.176, 499.824)	- 2.24	0.033

t Dotplot of samples1

Dotplot of samples1

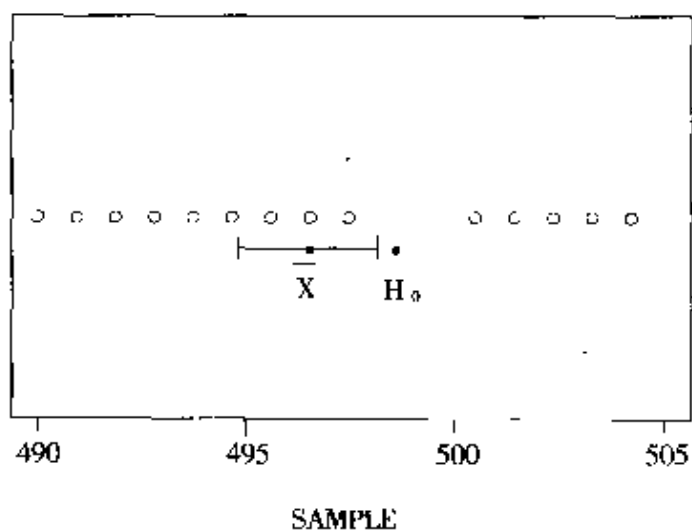
(with H_0 and 95% t - confidence interval for the mean)

图 4 - 45

从图 4 - 45 检验可知, $P = 0.033 < 0.05$, 拒绝零假设 H_0 ,

从上图也可知， H_0 在拒绝域外，因此 30 个样品的平均值不等于 500。

(4) 双样本 t 检验。

双样本 t 检验是对两个样本的均值进行检验，且样本的标准偏差 S_1 、 S_2 已知，其检验公式为：

$$T = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \times S_p^2}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

例 15：一个 6Sigma 项目团队为改善某工艺，收集了改善前后的两组数据。现在项目组要检验样品的均值是否有所改善，试用 MINITAB 做 2-sample t 检验分析。

其分析结果如表 4-26：

表 4-26

↓	C1	C2
	before	after
1	600	650
2	605	600
3	625	605
4	545	634
5	568	625
6	542	605
7	535	624
8	568	678
9	532	698



(续表)

10	528	645
11	525	578
12	532	535
13	600	545
14	535	578
15	502	675

Two - sample T for before vs after

	N	Mean	StDev	SE Mean
before	15	556.1	36.2	9.3
after	15	618.3	47.4	12

Difference = mu before - mu after

Estimate for difference: - 62.2

95% CI for difference: (- 93.7, - 30.7)

T - Test of difference = 0 (vs not =): T - Value = - 4.04 P - Value = 0.000 DF = 28

Both use Pooled StDev = 42.2

从以上检验可知, $P = 0.000 < 0.05$, 拒绝零假设 H_0 。从图 4-46 可知, 工艺改善前后有显著差异, 样品的平均值有所提高。



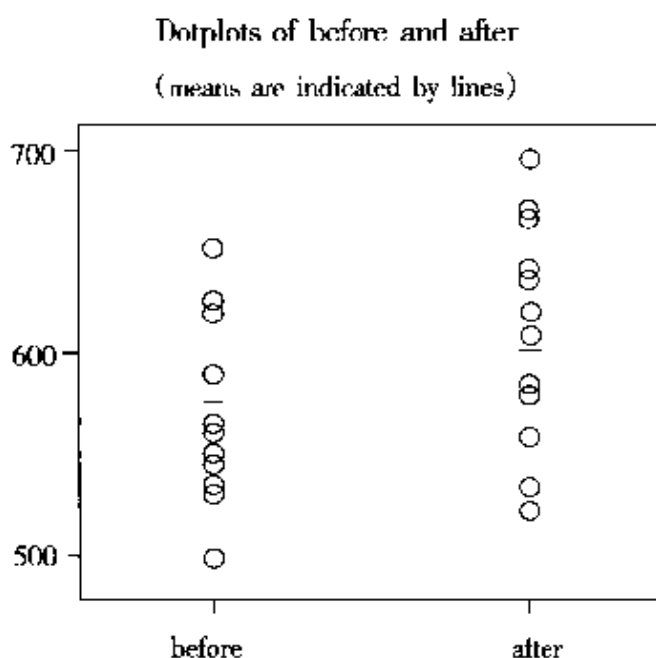


图 4-46

(5) χ^2 检验。

χ^2 检验是对单样本方差进行检验，且样本的均值 μ_0 已知， $H_0: \sigma = \sigma_0$ ， $H_a: \sigma \neq \sigma_0$ ，那么检验公式为：

$$\chi^2 = \frac{1}{S^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_0)^2。$$

例 16：一个 6Sigma 项目团队为分析某产品的不良是否与生产线有关，收集了 4 条生产线的不良品数据，试用 MINITAB 做 χ^2 (Chi-square test) 检验分析。

表 4-27

↓	C1 - T	C2	C3
	line	good	defectives
1	1	1200	892
2	2	2389	125
3	3	7890	1230

(续表)

4	4	12789	560
5			
6			

Chi - Square Test: good, defectives

Expected counts are printed below observed counts

	good	defectiv	Total
1	1200	892	2092
	1875.11	216.89	
2	2389	125	2514
	2253.36	260.64	
3	7890	1230	9120
	8174.48	945.52	
4	12789	560	13349
	11965.04	1383.96	
Total	24268	2807	27075

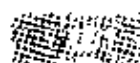
$$\text{Chi} - \text{Sq} = 243.066 + 2.1\text{E} + 03 + 8.165 + 70.588 + 9.900 + 85.595 + 56.741 + 490.554 = 3066.043$$

$$\text{DF} = 3, \text{P} - \text{Value} = 0.000$$

从以上检验可知, $P = 0.000 < 0.05$, 拒绝零假设 H_0 , 某产品的不良与生产线有关。

(6) F 检验。

F 检验是对双样本方差进行检验, $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$, $H_a: \sigma_1 \neq$



σ_2 ，其检验公式为： $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ 。

例 17：一个 6Sigma 项目团队为分析某产品生产的三条生产线的品质是否有差异，收集了三组数据，试用 MINITAB 做 ANOVA 分析。

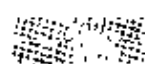
表 4 - 28

↓	C4 - T	C5	C6
	A	B	C
2	123	156	145
3	124	178	167
4	125	156	168
5	126	189	157
6	135	156	168
7	136	124	189
8	145	156	169
9	156	145	179
10	178	156	189
11			

One - way ANOVA: A, B, C

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	4006	2003	6.78	0.004
Error	27	7973	295		
Total	29	11978			



Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----		
A	10	140.40	18.22	(-----*-----)		
B	10	155.00	18.83	(-----*-----)		
C	10	168.70	14.12	(-----*-----)		
				-----+-----+-----+-----+-----		
Pooled StDev =		17.18	135	150	165	180

Boxplots of A - C

Boxplots of A - C

(means are indicated by solid circles)

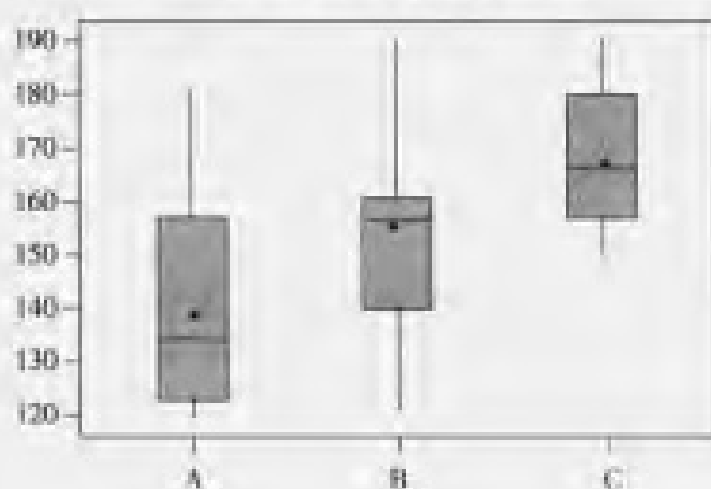


图 4-47

从以上的 ANOVA 分析可知, $P = 0.004 < 0.05$, A、B、C 生产线的影
响是显著的。A 的均值偏小, C 的均值偏大。

Test for Equal Variances

Response C2
Factors Subscripts
ConfLvl 95.0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
11.6043	18.2160	38.7651	10	A
11.9971	18.8326	40.0773	10	B
8.9943	14.1189	30.0463	10	C

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic : 0.797

P - Value : 0.671

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic : 0.239

P - Value : 0.789

Test for Equal Variances: C2 vs Subscripts

从图 4-48 可知, $P = 0.671 > 0.05$, A, B, C 的方差波动基本是一致的。A 生产线产品偏小, C 生产线生产的产品偏大。



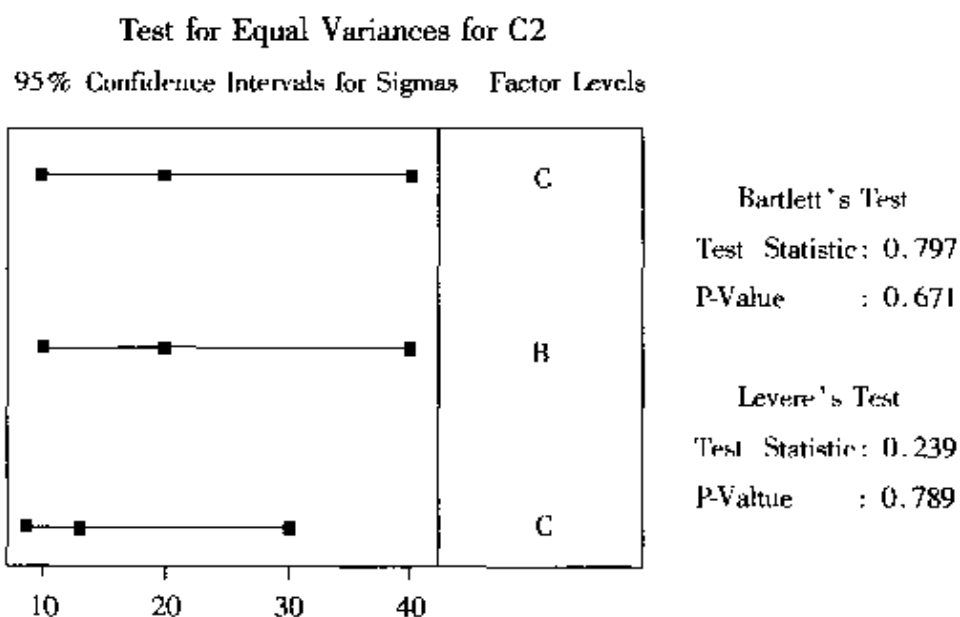


图 4-48

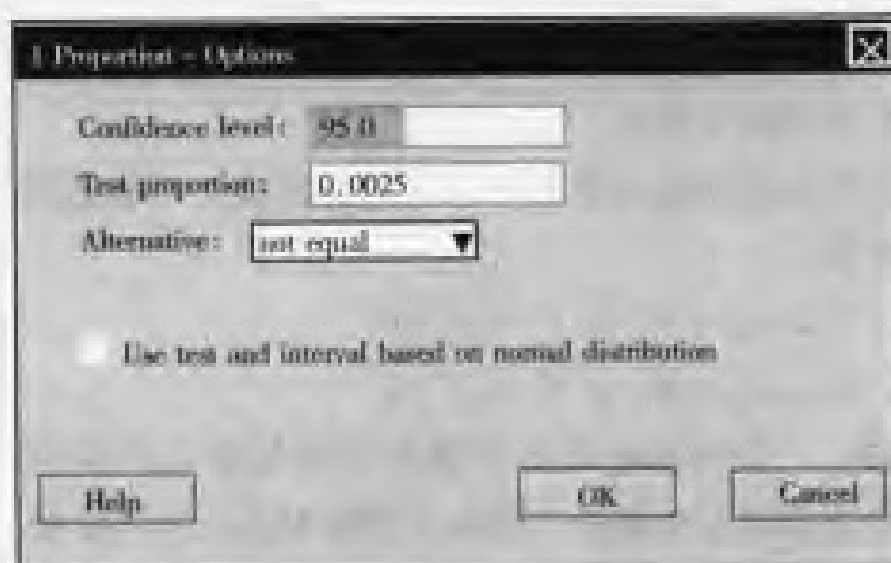
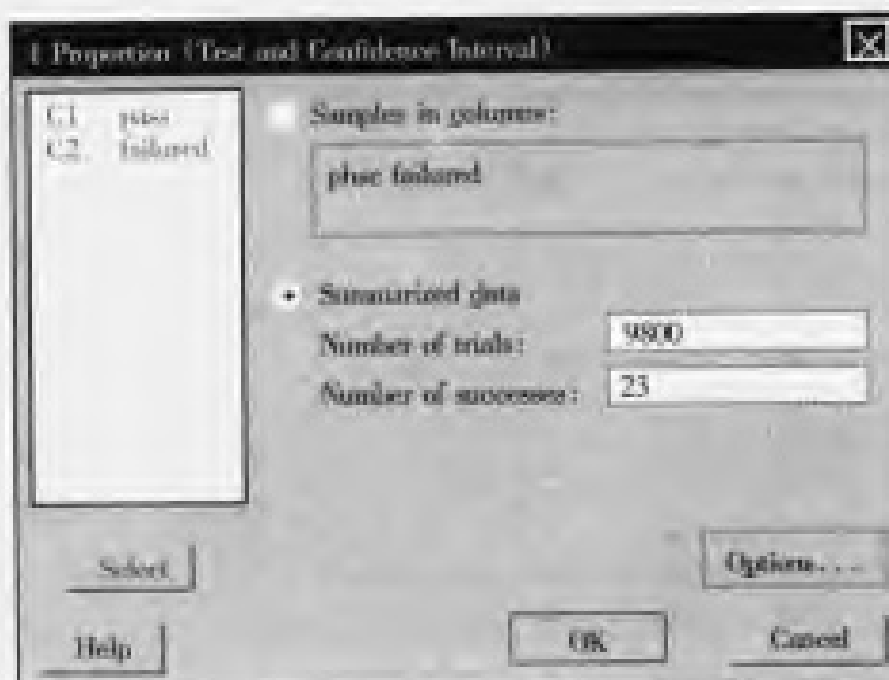
(7) 单比例 P 检验。

单比例 P 检验是对单样本 P 值进行检验，可根据其置信区间进行检验。

$$P_{\text{上限}} \approx \bar{p} + Z \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

$$P_{\text{下限}} \approx \bar{p} - Z \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

例 18：一个 6Sigma 项目团队为分析某条生产线的品质不良比率是否达到了 0.0025，检验了 9800 PCS，发现有 23 PCS 不良，试用 MINITAB 做 1proportion test 分析。



Test and CI for One Proportion

Test of $p = 0.0025$ vs $p \text{ not } = 0.0025$

				Exact
Sample	X	N	Sample p	95.0% CI
				P-Value

1 23 9800 0.002347 (0.001488, 0.003519) 0.765

从上面的检验可知, $P = 0.765$ 大于 0.05, 因此无法拒绝零假设 H_0 , 生产线的不良率基本等于 0.025。

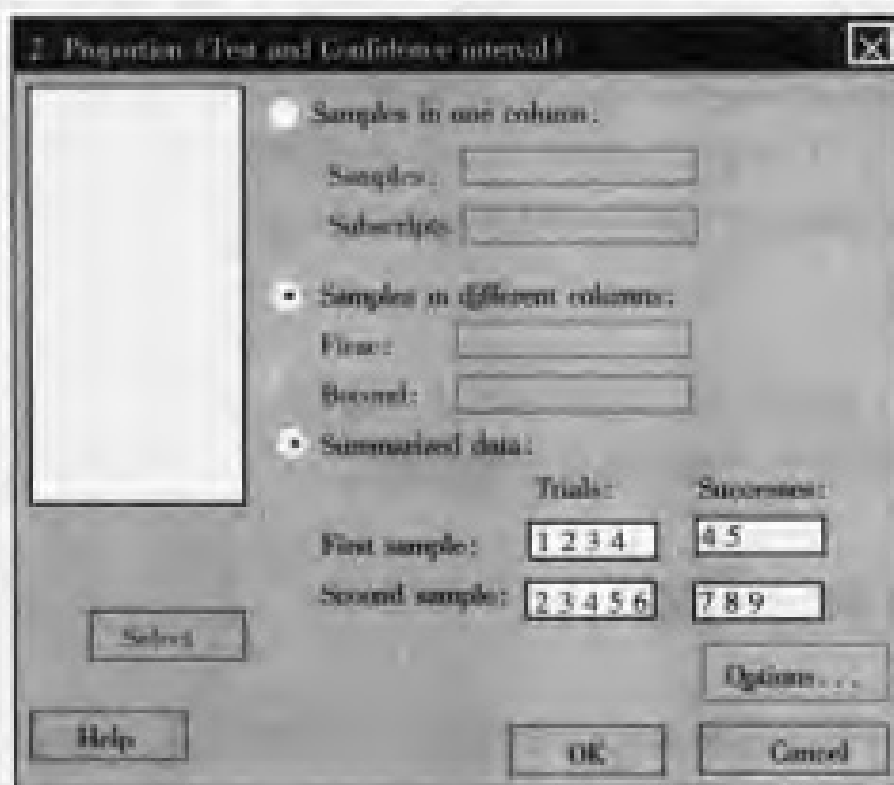
(8) 双比例 P 检验。

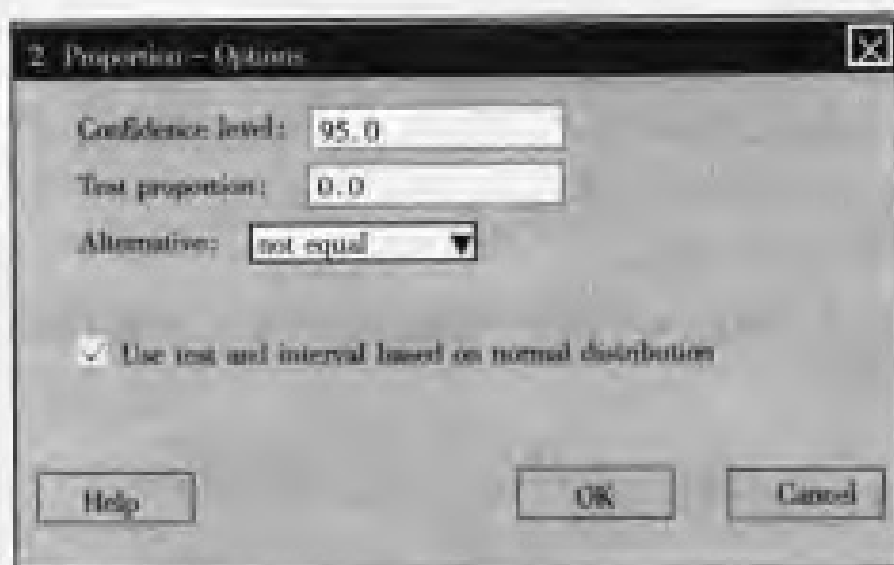
双比例 P 检验是对样本 P 值进行检验, 可根据其置信区间进行检验:

$$P_{\text{上限}} = (\bar{P}_1 - \bar{P}_2) + Z \sqrt{\frac{\bar{P}_1(1 - \bar{P}_1)}{n_1} + \frac{\bar{P}_2(1 - \bar{P}_2)}{n_2}}$$

$$P_{\text{下限}} = (\bar{P}_1 - \bar{P}_2) - Z \sqrt{\frac{\bar{P}_1(1 - \bar{P}_1)}{n_1} + \frac{\bar{P}_2(1 - \bar{P}_2)}{n_2}}$$

例 19: 一个 6Sigma 项目团队为分析某两条生产线的品质的不良比率是否相同, 在一条生产线检验了 1234 PCS, 发现有 45 PCS 不良, 在另一条生产线检验了 23456 PCS, 发现有 789 PCS 不良, 试用 MINITAB 做 2 proportion test 分析。





Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	45	1234	0.036467
2	789	23456	0.033637

Estimate for $p(1) - p(2)$: 0.00282933

95% CI for $p(1) - p(2)$: (-0.00788073, 0.0135394)

Test for $p(1) - p(2) = 0$ (vs not = 0): $Z = 0.54$ P-Value = 0.592

从上检验可知， $P = 0.592$ 大于 0.05，因此无法拒绝零假设 H_0 ，两条生产线的不良率基本相同。

回归分析

回归分析也是 6Sigma 分析的一个基本工具，通过回归分

析可以了解事件的相关性和拟合回归方程并预测事物的发展规律及变化趋势。

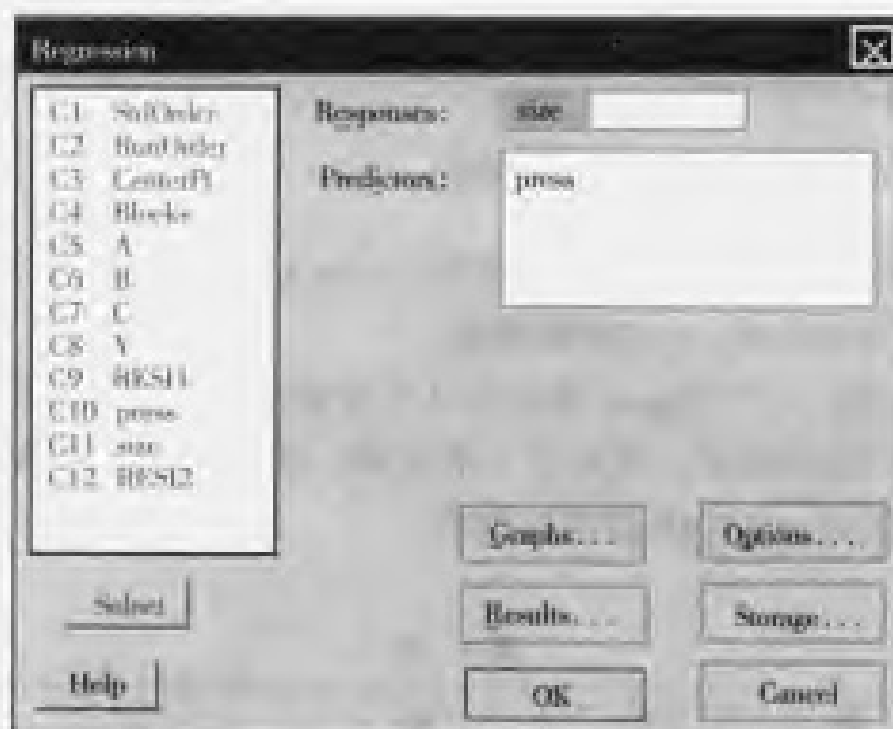
1. 简单的一元线性回归模型

简单的一元线性回归模型为 $y = b_1x + b_0 + \varepsilon$ 其中 b_1 为一次项， b_0 为常数项， ε 为随机误差。

例 20：一个 6Sigma 项目团队为分析某产品的成型尺寸是否和工作压力有关，进行了一次试验，其试验结果如表 4-29 所示，试用 MINITAB 做回归分析。

表 4-29

↓	C10	C11	C12
	press	size	RES12
1	23	123	-0.25971
2	24	124	0.58887
3	25	125	1.43745
4	26	126	2.28603
5	34	127	2.07466
6	36	128	2.77182
7	32	121	-3.62250
8	36	120	-5.22818
9	37	123	-2.37960
10	38	124	-1.53102
11	39	125	-0.68244
12	42	126	-0.13671
13	41	127	1.01471
14	45	128	1.40903
15	46	129	2.25761



Regression Analysis: size versus press

The regression equation is

$$\text{size} = 120 + 0.151 \text{ press}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	119.777	3.079	38.90	0.000
press	0.15142	0.08629	1.75	0.103

$S = 2.430$ $R - Sq = 19.2\%$ $R - Sq(\text{adj}) = 12.9\%$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	18.181	18.181	3.08	0.103
Residual Error	13	76.753	5.904		
Lack of Fit	12	44.753	3.729	0.12	0.987
Pure Error	1	32.000	32.000		
Total	14	94.933			

13 rows with no replicates

Unusual Observations

Obs	press	size	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
8	36.0	120.000	125.228	0.634	-5.228	-2.23R

R denotes an observation with a large standardized residual

Residuals vs Fits for size

从以上回归分析可知，响应变量的回归方程为： $\text{size} = 120 + 0.151 \text{ press}$ 。回归方程 P 值等于 $0.103 > 0.05$ ，因此回归不是太好。回归相关系数 $R - Sq = 19.2\%$ 小于 1，因此回归拟合不是太好，所以应该增加高次项。重新拟合如下：



Polynomial Regression Analysis: size versus press

The regression equation is

$$\text{size} = 143.005 - 1.28733 \text{ press} + 0.0212314 \text{ press} * * 2$$

$$S = 2.25560 \quad R - Sq = 35.7\% \quad R - Sq(\text{adj}) = 25.0\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	33.8806	16.9403	3.32964	0.071
Error	12	61.0527	5.0877		
Total	14	94.9333			

Source	DF	Seq SS	F	P
Linear	1	18.1806	3.07934	0.103
Quadratic	1	15.7000	3.08586	0.104

Fitted Line Plot: size versus press

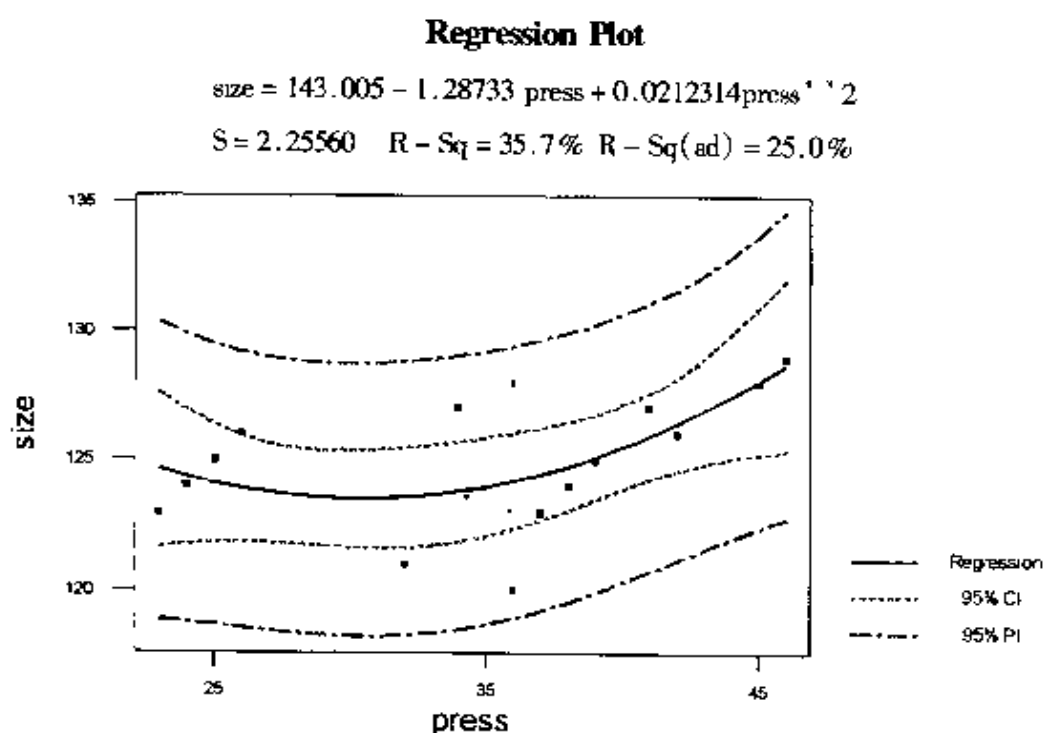
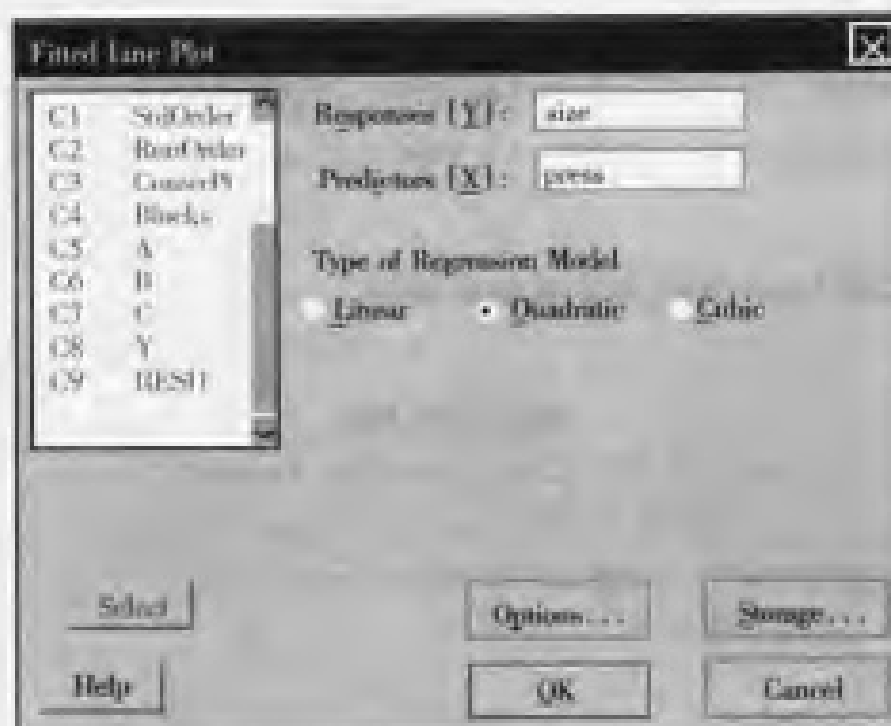


图 4-49

从上面的回归分析可知，响应变量的回归方程为： $\text{size} = 143.005 - 1.28733 \text{ press} + 0.0212314 \text{ press}^2$ ，回归方程 P 值等于 $0.071 > 0.05$ ，因此回归不是太好。回归相关系数 $R - Sq$ 等于 35.7% 比一次项要好，但还是小于 1，因此回归拟合不是太好，所以应该增加高次项。重新拟合如下：



Polynomial Regression Analysis: size versus press

The regression equation is

$$\text{size} = 82.9558 + 4.19421 \text{ press} - 0.140086 \text{ press}^2 + 0.0015387 \text{ press}^3$$

$$S = 2.31830 \quad R\text{-Sq} = 37.7\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 20.7\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	35.8137	11.9379	2.22121	0.143
Error	11	59.1196	5.3745		
Total	14	94.9333			

Source	DF	Seq SS	F	P
Linear	1	18.1806	3.07934	0.103
Quadratic	1	15.7000	3.08586	0.104
Cubic	1	1.9331	0.35968	0.561

Fitted Line Plot: size versus press

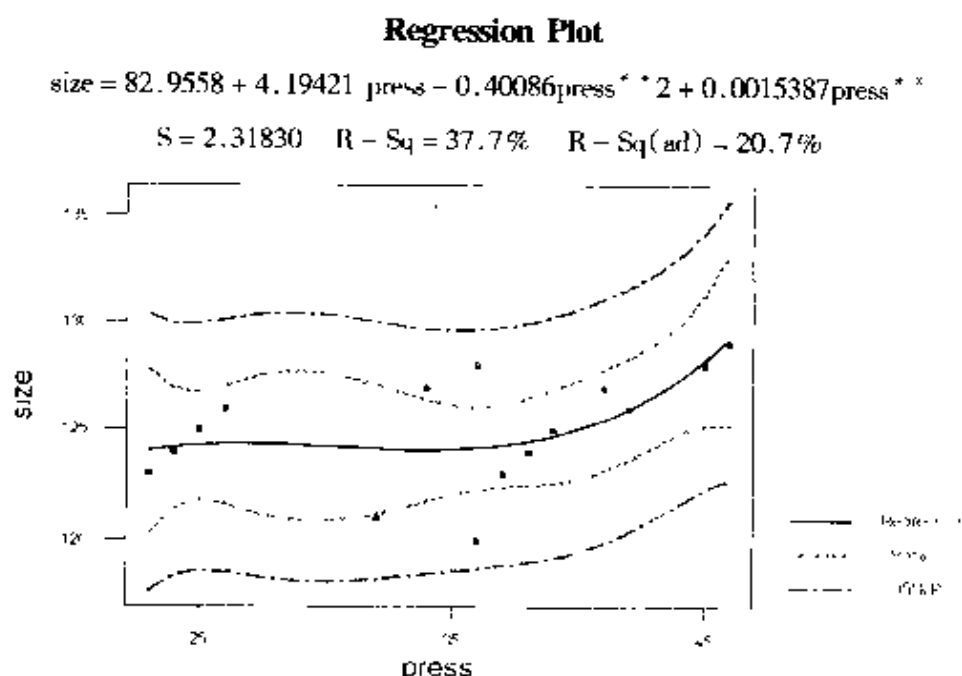


图 4-50

从以上回归分析可知,响应变量的回归方程为:

size = 82.9558 + 4.19421 press - 0.40086 press * * 2 + 0.0015387 press * * 3, 回归方程 P 值等于 0.143 > 0.05, 因此回归不是太好。回归相关系数 R - Sq = 37.7% 比一次项要好,

但还是小于 1，因此压力与尺寸没有多大关系。

2. 多元线性回归方程

多元线性回归方程可表示为：

$$y = b_0 + b_1x + \cdots \cdots b_nx_n + \epsilon$$

其中 $b_0, b_1, \cdots, b_n$ 为回归系数， ϵ 为随机误差。

对多元线性回归可进行方差分析和 σ 估计。

$$SS_{[回]} = L_{yy} - SS_{残}$$

$$SS_{残} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

式中： $\hat{y}_i$ 为预测值

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1x_{i1} + \cdots \cdots + b_nx_{in}, i = 1, 2, \cdots, m$$

多元线性回归方差分析如表 4-30 所示：

表 4-30

方差来源	平方和	自由度	均方和	F 值	临界值
回归	$SS_{[回]}$	n	$SS_{[回]}/n$	$SS_{[回]}/n$	
残差	$SS_{残}$	$m - n - 1$	$SS_{残}/$ $(m - n - 1)$	$\frac{MS_{回}}{MS_{残}}$	
总和	L_{yy}	$m - 1$			

$$\text{所以 } \sigma = \sqrt{\frac{1}{m - n - 1} SS_{残}}$$

$$\text{相关系数 } R^2 = 1 - \frac{SS_{残}}{L_{yy}} = \frac{SS_{[回]}}{L_{yy}}$$

例 21：一个 6Sigma 项目团队为分析某产品的合格率进行了一次试验，选择 A、B、C 三个因子两个水平，其试验结果

如表 4-31 所示, 试用 MINITAB 做回归分析。

表 4-31

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Y	RES11
1	7	1	1	1	-1	1	1	34	-15.0
2	3	3	1	1	-1	1	-1	56	29.0
3	6	3	1	1	1	-1	1	78	-7.5
4	1	4	1	1	-1	-1	-1	25	-28.5
5	8	5	1	1	1	1	1	67	8.0
6	2	6	1	1	1	-1	-1	85	21.5
7	5	7	1	1	-1	-1	1	90	14.5

Regression Analysis: Y versus A, B, C

The regression equation is

$$Y = 56.3 + 5.00 A - 13.3 B + 11.0 C$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	56.250	9.929	5.66	0.005	
A	5.000	9.929	0.50	0.641	1.0
B	-13.250	9.929	-1.33	0.253	1.0
C	11.000	9.929	1.11	0.330	1.0

S = 28.08

R - Sq = 44.9%

R - Sq(adj) = 3.6%



Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2572.5	857.5	1.09	0.450
Residual Error	4	3155.0	788.8		
Total	7	5727.5			

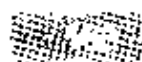
No replicates. Cannot do pure error test.

Source	DF	Seq SS
A	1	200.0
B	1	1404.5
C	1	968.0

从以上回归分析可知,响应变量的回归方程为: $Y = 56.3 + 5.00 A - 13.3 B + 11.0 C$, 回归方程 P 值等于 $0.450 > 0.05$, 因此回归不是太好。回归相关系数 $R - Sq = 44.9\%$ 小于 1, 因此上述 A、B、C 三个因子不是影响合格率的主要因素, 应该从其他方面分析原因。

㊦ 分析阶段的常用工具

分析阶段的常用工具有方差分析、回归分析、正态性检验、假设检验、多变量分析、图形分析、过程能力分析、FMEA 和 QC 新旧七工具。

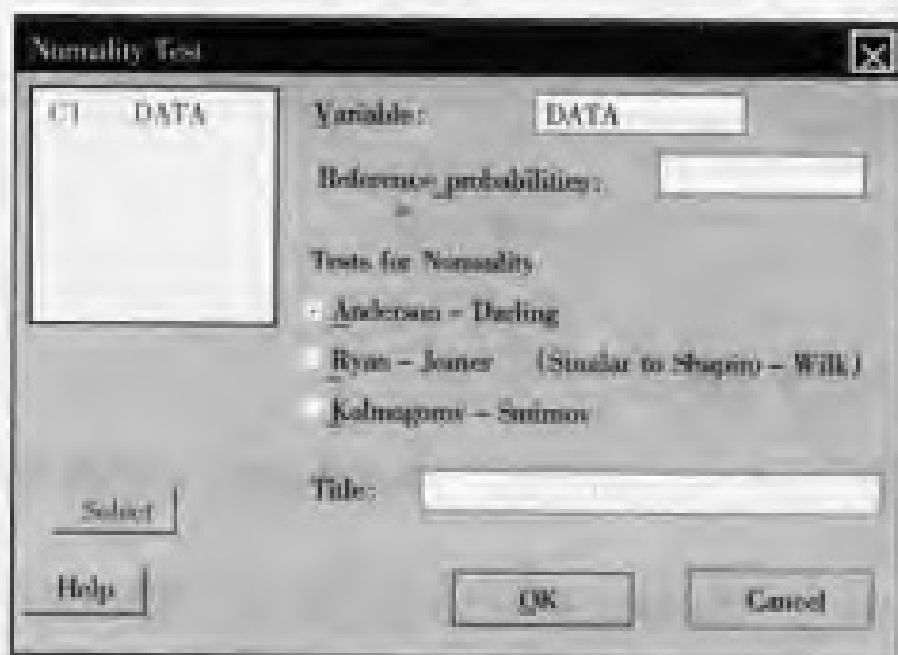


1. 正态性检验

正态性检验是判断样本数据是否服从正态分布，如果不服从正态分布，可将其进行转化。

例 22：一个 6Sigma 项目团队为分析某产品的性能，收集了一组数据，看是否服从正态分布，试用 MINITAB 做正态性检验分析。

从图 4-51 分析可知， $P = 0.000 < 0.05$ ，所以数据不服从正态分布。



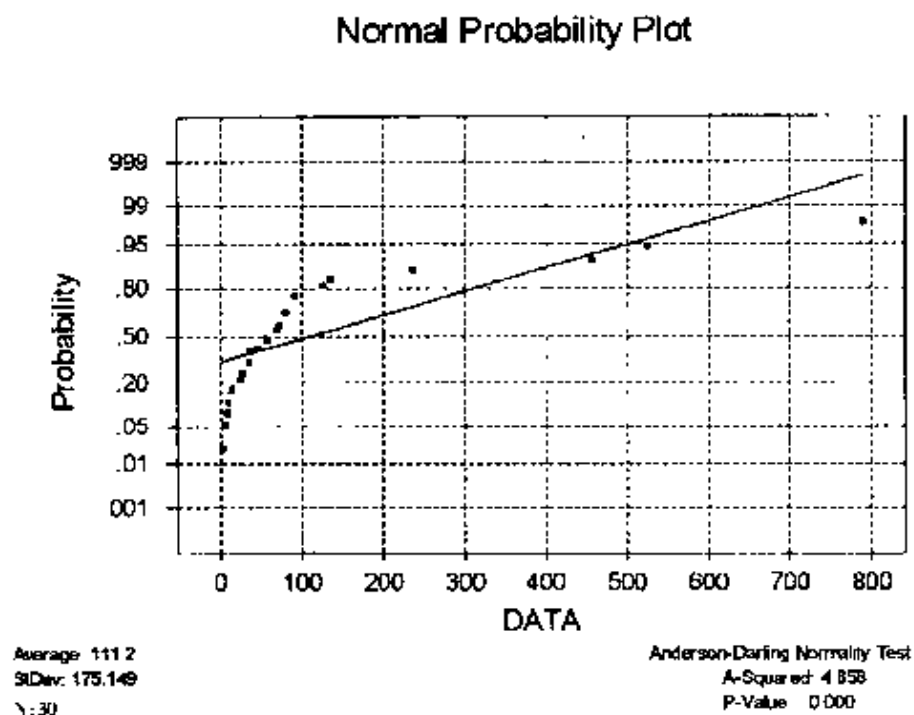


图 4-51

2. 多变量分析

多变量分析可以对因素进行多水平分析，以判断各水平的影响程度。

例 23：一个 6Sigma 项目团队为分析生产时间 (A)、生产线 (B)、生产环境 (C) 对某产品的性能影响，收集了一组数据，看各因子的影响程度，试用 MINITAB 做多变量分析。

表 4-32

↓	C1	C2	C3	C4
	A	B	C	Y
1	1	1	1	135
2	1	1	2	145
3	1	1	3	156
4	1	2	1	178
5	1	2	2	189
6	1	2	3	132
7	1	3	1	146
8	1	3	2	156
9	1	3	3	189
10	2	1	1	200
11	2	1	2	234
12	2	1	3	235
13	2	2	1	278
14	2	2	2	289
15	2	2	3	129
16	2	3	1	163
17	2	3	2	213
18	2	3	3	345
19	3	1	1	298
20	3	1	2	456
21	3	1	3	191

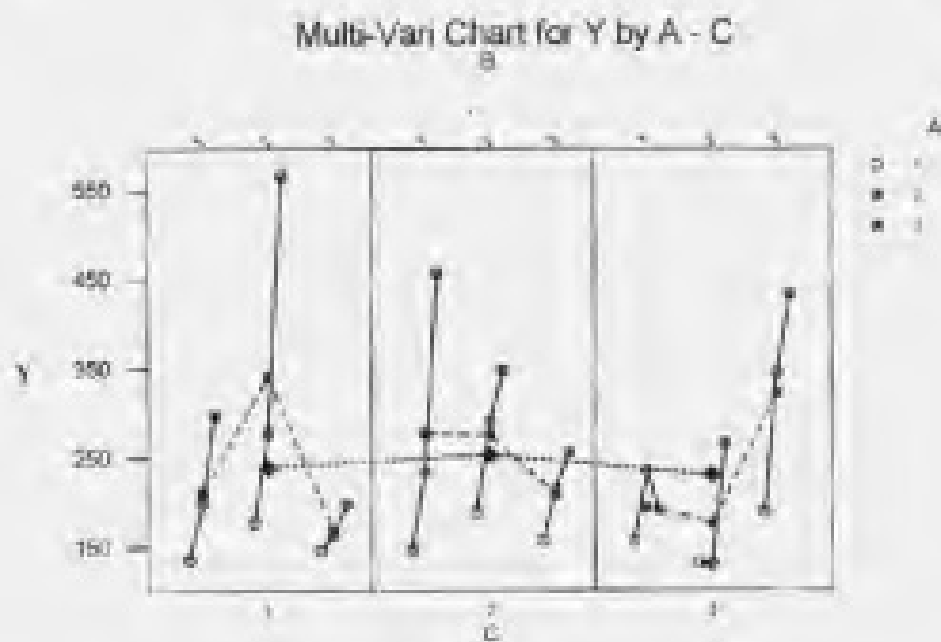
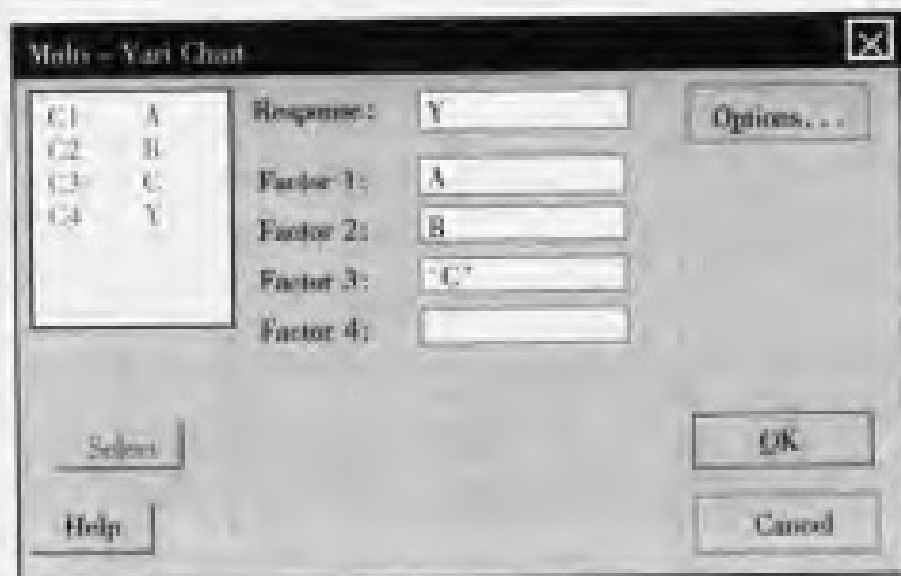


图 4-52

从上图分析可知，生产时间（A）对产品性能影响最大，生产线（B）对产品性能影响比较大，生产环境（C）对产品性能影响不太大。

3. 图形分析

图形分析是分析和解决问题的有力工具，通过图形分析，可以直观分析问题的性质和特征并找到解决问题的方法。常用的图形分析工具有柏拉图、直方图、箱图、茎叶图、时序图、概率图等。利用 Minitab 图形处理工具可快速找到解决问题的途径，是 6Sigma 项目成功的捷径。

4. 过程能力分析

过程能力分析是 6Sigma 项目改善的基础，通过过程能力分析可以找到改善的空间有多大，现在的底线是多少，应该如何去努力达到改善的目标。

(1) 连续数据的过程能力分析。

对连续数据进行过程能力分析需看数据是否服从正态分布，若不服从正态分布，则要进行转换使之服从正态分布。

例 24：一个 6Sigma 项目团队为分析某产品的性能，收集了一组数据，看是否服从正态分布。试用 MINITAB 做正态性检验分析，如果数据不服从正态分布，用 Box - Cox 进行转换。

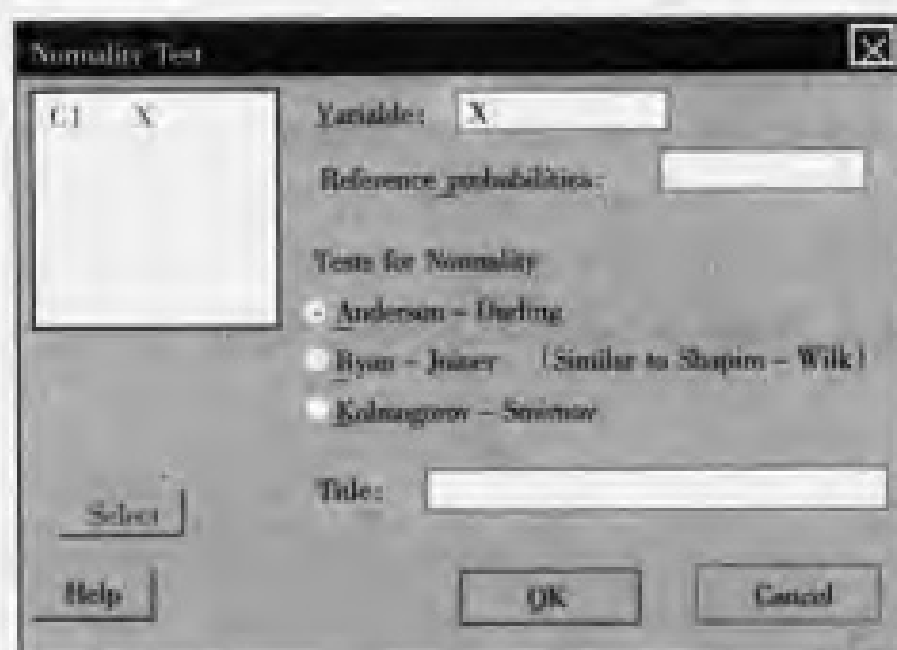
表 4 - 33

↓	C1	C2	↓	C1	C2
	x			x	
1	12		12	9	
2	2		13	123	
3	3		14	456	
4	4		15	23	

(续表)

5	567		16	45	
6	2		17	67	
7	4		18	89	
8	5		19	1	
9	6		20	2	
10	7		21	3	
11	8				

从图 4-53 分析可知, $P = 0.000 < 0.05$, 所以数据不服从正态分布。进行 Box-Cox 转换, 其结果如表 4-34 所示:



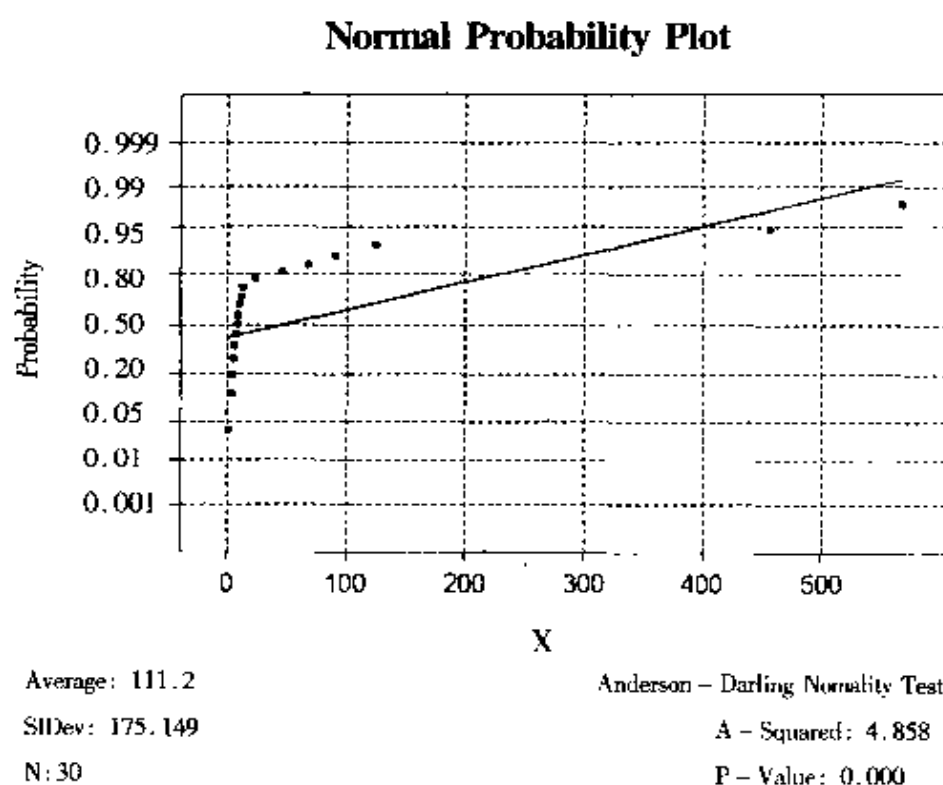


图 4 - 53

表 4 - 34

↓	C1	C2	↓	C1	C2
	x			x	
1	12	0.57141	12	9	0.60966
2	2	0.85547	13	123	0.33831
3	3	0.78081	14	456	0.25185
4	4	0.73182	15	23	0.49353
5	567	0.23980	16	45	0.42429
6	2	0.85547	17	67	0.38791
7	4	0.73182	18	89	0.36388
8	5	0.69595	19	1	1.00000



(续表)

9	6	0.66795	20	2	0.85547
10	7	0.64516	21	3	0.78081
11	8	0.62605	22	4	0.73182

Box - Cox Plot for X

95% Confidence Interval

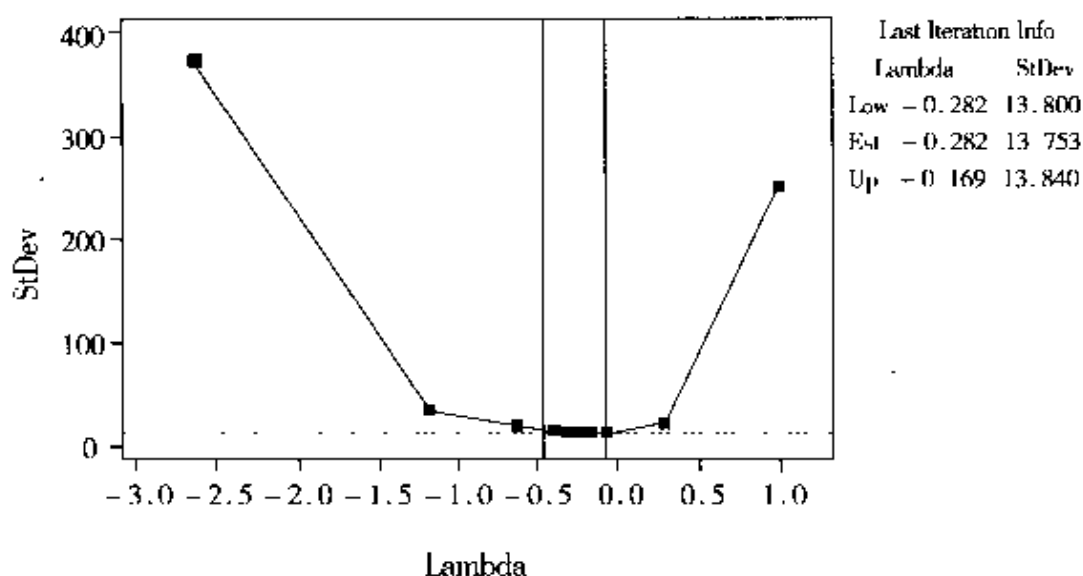


图 4 - 54

再检验数据是否服从正态分布。

从下图 4 - 55 可知, $P = 0.325 > 0.05$, 所以数据服从正态分布。

(2) 离散数据的过程能力分析。

对离散数据进行过程能力分析时, 需进行具体分析。若数据服从二项分布或泊松分布可进行具体计算。

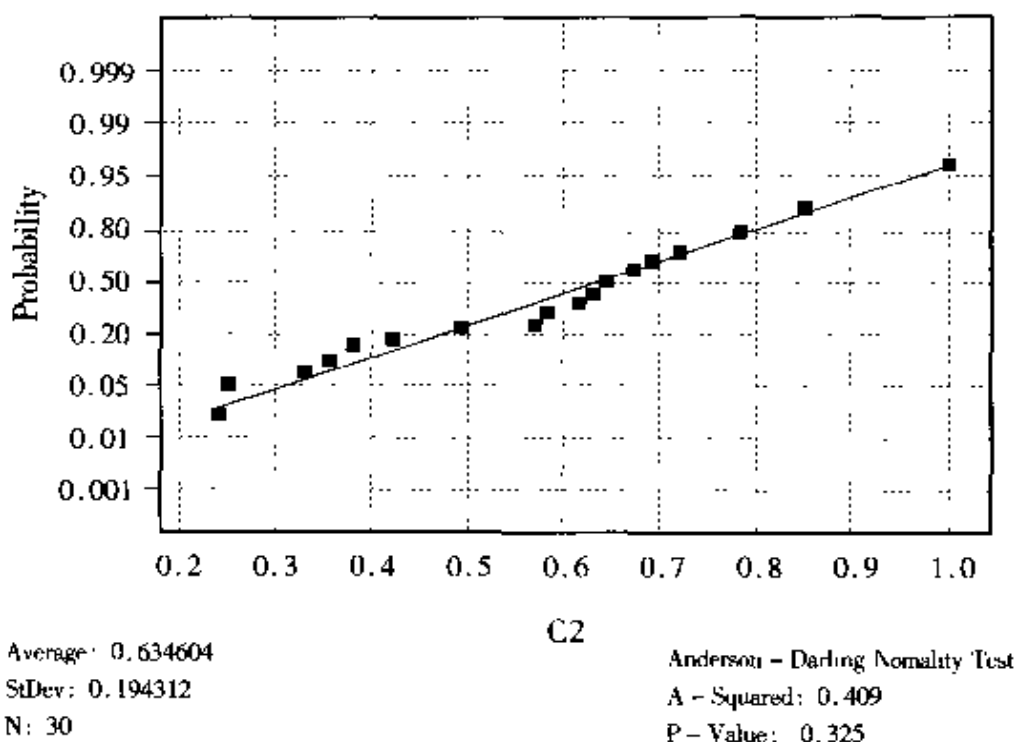


图 4 - 55

例 25: 一个 6Sigma 项目团队为分析某产品的性能, 收集了几组非正态分布数据, 试用 MINITAB 做非正态性数据的过程能力分析。

表 4 - 35

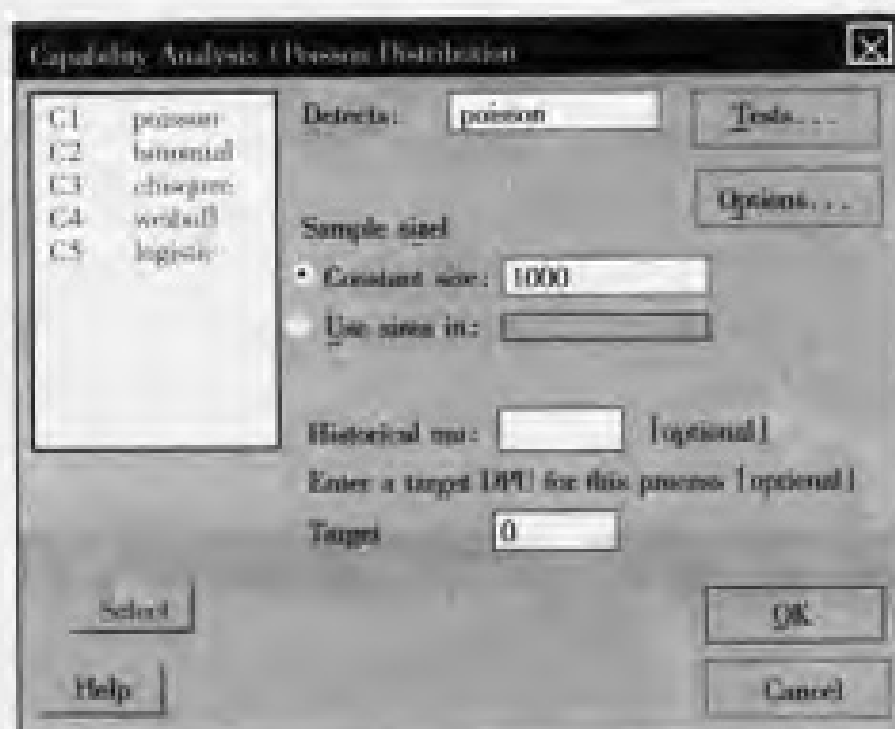
↓	C1	C2	C3	C4	C5
	poisson	binomial	chisquare	weibull	logistic
1	54	992	7.0736	12.0253	-0.8360
2	47	991	12.6715	12.1914	1.5739
3	46	995	13.7563	11.7826	-2.1628
4	54	984	9.4031	11.9622	1.2880
5	54	988	11.9464	11.8816	1.5442



(续表)

6	59	992	3.9039	11.5388	1.9565
7	48	993	6.6143	12.1247	1.4336
8	49	996	8.3554	11.8593	-0.9751
9	66	992	9.6424	12.0972	-6.1660
10	64	986	10.9851	12.3237	-11.4090
11	59	993	9.1846	11.2871	4.7642
12	57	990	16.8820	12.2050	5.4135
13	43	988	8.5998	11.9011	-1.0206
14	44	990	2.6746	11.9360	3.8178
15	44	992	7.6380	12.3126	-4.2918
16	46	996	5.7519	11.9692	-16.3058
17	63	989	6.6298	11.8211	6.7289
18	42	984	12.2915	11.4091	-0.4912
19	39	994	7.9051	12.3569	-3.3432
20	50	989	10.7113	12.0445	6.8387
21	58	987	2.7387	11.8289	-2.5689
22	45	991	12.0074	11.9901	-4.7441

①泊松分布的过程能力分析:



Poisson Process Capability Report for poisson

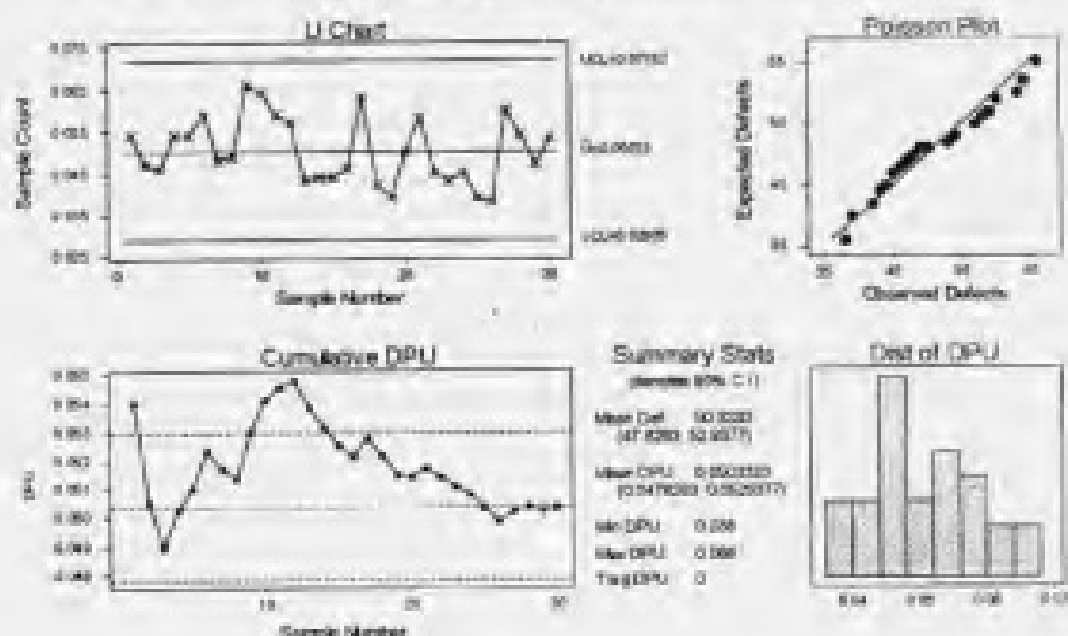


图 4-56

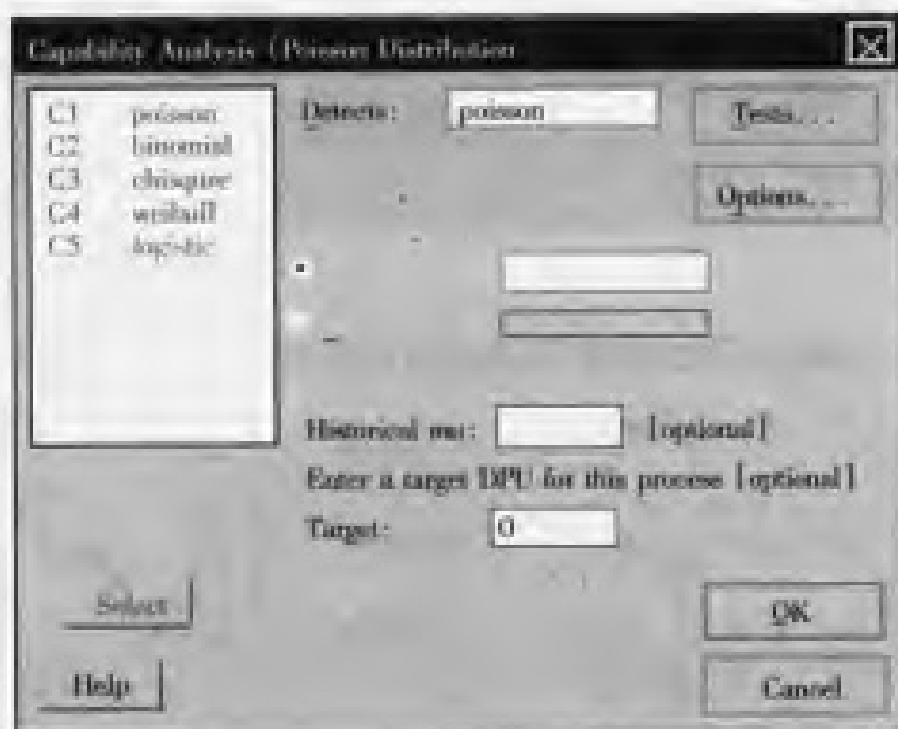
从图 4-56 可知。DPU = 0.05033, 假设 O = 1000, DPO = DPU/O = 0.05033/1000 = 0.0005033,

$$Z_{score} = \text{NORMSINV}(1 - \text{DPO}) = 3.888$$

$$Z_{st} = Z_{score} + 1.5 = 5.388$$

②二项分布的过程能力分析。

从图 4-57 可知 $Z_{lt} = 1.649$, $Z_{st} = 1.649 + 1.5 = 3.149$, 过程能力仍然需要改善。



Binomial Process Capability Report for binomial

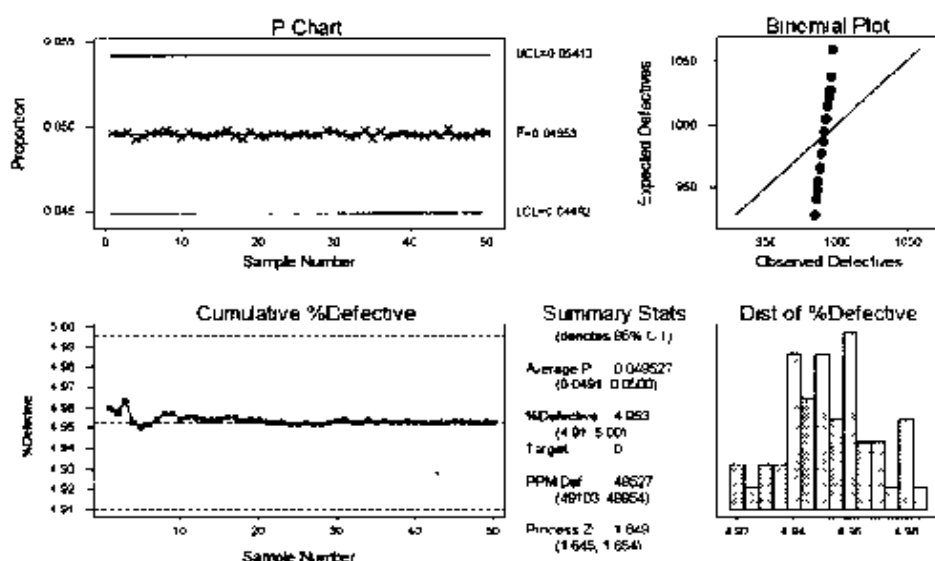


图 4-57

5. QC 新、旧七工具

QC 新、旧七工具是 TQM 的常用工具，对 6Sigma 管理也同样适应，根据具体情况，选择使用，往往能够达到事半功倍的效果。例如排列图是找到关键的少数问题的原因的基本工具，结果一目了然；KJ 法是找到解决问题方法的最佳捷径；直方图可找到数据分布的特点及变异产生的原因；控制图、关系图都是分析问题和解决问题的好方法，为非黑带人员使用这些工具提供了便利条件，降低了使用的门坎，为群策群力解决实际问题打开了方便之门。在 6Sigma 项目的实施阶段也可应用这些工具。

第四节 什么是 6Sigma 改善 (I)

所谓 I (Improve) 即改善，通过分析找到改善的空间有多

大。本阶段的任务就是如何进行改善。本节将结合具体的 6Sigma 项目，引导人们寻求 6Sigma 项目的改善之道。

● 2^K 因子试验设计

两水平多因子试验设计是进行因子筛选的常用试验方法，我们在分析阶段找到了 5~7 个以上重要的影响因素，要弄清楚这几个因素中哪几个对相应变量 y 有关键影响？我们用 2^K 因子进行 DOE 试验，找出关键的影响因素。我们在分析实验的结果时，一般用到如下几种分析方法。

1. 极差分析法

极差分析法是 DOE 试验设计最简单的分析方法，就是将一个水平的影响与另一个水平的影响相减得到一个极差值。极差越大，因子的影响越大，反之亦然。

例 26：一个 6Sigma 项目团队为改进某产品的合格率，做了一个三个因子（A、B、C）两水平的试验设计。其试验结果如表 4-36 所示：

表 4-36

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Y
1	4	1	1	1	1	1	-1	60
2	8	2	1	1	1	1	1	50
3	7	3	1	1	-1	1	1	30
4	5	4	1	1	-1	-1	1	40

(续表)

5	2	5	1	1	1	-1	-1	20
6	6	6	1	1	1	-1	1	10
7	3	7	1	1	-1	1	-1	70
8	1	8	1	1	-1	-1	-1	80

对试验结果进行极差分析:

$$R_a = (60 + 50 + 20 + 10) - (30 + 40 + 70 + 80) = -80$$

$$R_b = (60 + 50 + 30 + 70) - (40 + 20 + 10 + 80) = 60$$

$$R_c = (50 + 30 + 40 + 10) - (60 + 20 + 70 + 80) = -100$$

从以上分析可知, C 因子影响最大, A 因子影响次之, B 因子影响最小。

2. 方差分析法

方差分析法也是试验设计 (DOE) 的常用方法之一。因子对实验结果的影响, 可通过 P 值来表示。如果 $P < 0.05$, 因子对实验结果有显著影响; 如果 $P > 0.05$, 因子对实验结果的影响不显著。

例 27: 一个 6Sigma 项目团队为改进某产品的合格率, 做了一个 7 因子 (A, B, C, D, E, F, G) 两水平的试验设计, 其试验结果如表 4-37 所示:

表 4-37

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
StdOrder	RunOrder	Centerpt	Blocks	A	B	C	D	E	F	G	Y
10	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	35

(续表)

8	2	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	46
14	3	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	58
2	4	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	67
6	5	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	89
1	6	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	48
12	7	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	26
15	8	1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	38
4	9	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	49
3	10	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	52
11	11	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	62
9	12	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	78
13	13	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	54
7	14	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	75
5	15	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	86
16	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	64

试用方差分析试验结果。

(1) 用 MINITAB 方差分析的结果。

General Linear Model: Y versus A, B, C, D, E, F, G

Factor	Type	Levels Values
A	fixed	2 -1 1
B	fixed	2 -1 1
C	fixed	2 -1 1
D	fixed	2 -1 1
E	fixed	2 -1 1



F	fixed	2 - 1 1
G	fixed	2 - 1 1

Analysis of Variance for Y, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	217.6	217.6	217.6	1.37	0.276
B	1	663.1	663.1	663.1	4.17	0.075
C	1	540.6	540.6	540.6	3.40	0.102
D	1	588.1	588.1	588.1	3.70	0.091
E	1	1.6	1.6	1.6	0.01	0.923
F	1	189.1	189.1	189.1	1.19	0.307
G	1	1425.1	1425.1	1425.1	8.96	0.017
Error	8	1272.0	1272.0	159.0		
Total	15	4896.9				

Unusual Observations for Y

Obs	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
5	89.0000	66.2500	8.9163	22.7500	2.55R

R denotes an observation with a large standardized residual.

从以上分析可知, G 因子的 $P = 0.017 < 0.05$ 是重要的影响因子。而其他因子的 P 值为:

A 因子的 $P = 0.276 > 0.05$



B 因子的 $P = 0.075 > 0.05$

C 因子的 $P = 0.102 > 0.05$

D 因子的 $P = 0.091 > 0.05$

E 因子的 $P = 0.923 > 0.05$

F 因子的 $P = 0.307 > 0.05$

所以 A、B、C、D、E、F 都不是显著影响因子。

(2) 主要影响效应图。

我们可以用 MINITAB 做出主要影响效应图。

从图 4-58 中可以看出 G 因子影响最大，B、C、D、A、F 因子次之，E 因子影响最小。

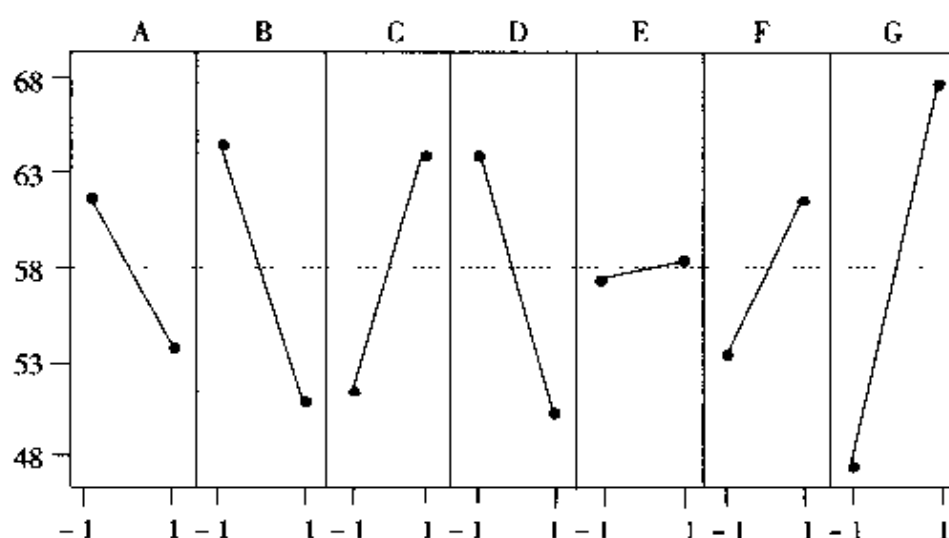


图 4-58

3. 回归分析法

回归分析法也是试验设计 (DOE) 的常用分析方法之一。通过回归分析可建立响应变量 y 与试验因子的函数关系，以判断每一个因子对实验结果的影响，比较准确地判断各个因子的

重要性。

例 28：一个 6Sigma 项目团队为改进某产品的强度，做了一个 2 因子（A、B）两水平的试验设计。其试验结果如表 4-38 所示：

表 4-38

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	Y
1	8	1	1	1	1	1	189
2	5	2	1	1	-1	-1	129
3	7	3	1	1	-1	1	136
4	3	4	1	1	-1	1	128
5	1	5	1	1	-1	-1	129
6	4	6	1	1	1	1	179
7	2	7	1	1	1	-1	138
8	6	9	1	1	1	-1	178
9	8	1	1	1	1	1	179
10	5	2	1	1	-1	-1	134
11	7	3	1	1	-1	1	136
12	3	4	1	1	-1	1	146
13	1	5	1	1	-1	-1	126
14	4	6	1	1	1	1	185
15	2	7	1	1	1	-1	148
16	6	8	1	1	1	-1	158

试用回归分析试验结果。

(1) 用 MINITAB 作回归分析。

Regression Analysis: y versus A, B

The regression equation is

$$y = 151 + 18.2 A + 8.69 B$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	151.063	2.734	55.25	0.000
A	18.187	2.734	6.65	0.000
B	8.688	2.734	3.18	0.007

S = 10.94 R - Sq = 80.7% R - Sq(adj) = 77.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	6500.1	3250.1	27.17	0.000
Residual Error	13	1554.8	119.6		
Lack of Fit	1	410.1	410.1	4.30	0.060
Pure Error	12	1144.7	95.4		
Total	15	8054.9			

Source	DF	Seq SS
A	1	5292.6
B	1	1207.6

Unusual Observations



Obs	A	y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
7	1.00	138.00	160.56	4.74	-22.56	-2.29R

R denotes an observation with a large standardized residual

从上图可知，回归方程为：

$$y = 151 + 18.2 A + 8.69 B$$

回归方程的拟合 P 值为 0，回归系数为 $R - Sq = 80.7\%$ ，
 $R - Sq(adj) = 77.7\%$ 。

●分部因子试验设计

分部因子试验设计又叫减半因子试验设计。例如两水平 7 因子的试验次数为 $2^7 = 128$ 次，而分部因子试验设计可以进行 64 次，或 32 次，或 16 次，或 8 次，就可以满足试验要求。这对成本高和花费时间长的试验设计，具有十分重要的意义。对于分部因子试验设计，涉及到一个混杂（Confounded）问题。例如 A、B、C、D 四个因子的分部因子试验设计，对于响应变量 y 的影响有：

主要因子的影响：A、B、C、D；

二次项因子的影响：AB、BC、CD、DA；

三次项因子的影响：ABC、BCD、CDA

四次项因子的影响：ABCD。

从上可知：主要因子的影响可能与二次项和三次项因子相混淆，因为 $I = ABCD$ ，所以叫 IV 级分辨率。如果为 A、B、C 三个分部因子的试验设计， $I = ABC$ ，所以叫 III 级分辨率，主

要影响因子与二次项因子 AB、BC 相混杂。如果是 A、B、C、D、E 五个因子， $I = ABCDE$ ，所以叫 V 级分辨率，即主要因子与二次项、三次项和四次项相混杂。但二次项没有混杂。一般分部因子试验设计分辨度为 V 级就可以了。

1. 分辨度为 III 级的设计

分辨度为 III 级的设计，各主效应间（A、B、C、D）没有混淆。但某些主效应可能与某些二次项相混淆，即 $A \equiv AB$ 、 $B \equiv AC$ 、 $C \equiv AB$ 相混杂的情况出现。 $I = ABC$ 为 III 级设计。

例 29：一个 6Sigma 项目团队为改进某产品的热处理硬度，做了一个 3 因子（A、B、C）两水平分辨度为 III 级的试验设计。其试验结果如表 4-39 所示：

表 4-39

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Y
1	6	1	1	1	1	-1	-1	235
2	11	2	1	1	-1	1	-1	268
3	1	3	1	1	-1	-1	1	268
4	3	4	1	1	-1	-1	1	256
5	8	5	1	1	1	1	1	245
6	4	6	1	1	1	1	1	269
7	2	7	1	1	1	-1	-1	237
8	12	8	1	1	1	1	1	240
9	5	9	1	1	-1	-1	1	238
10	10	10	1	1	1	-1	-1	234
11	9	11	1	1	-1	-1	1	248
12	7	12	1	1	-1	1	-1	278

试用 MINITAB 分析试验结果。

(1) 回归分析。

Regression Analysis: Y versus A, B, C

The regression equation is

$$Y = 251 - 7.75A + 9.75B - 1.75C$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	251.083	2.778	90.39	0.000
A	-7.750	2.778	-2.79	0.024
B	9.750	2.778	3.51	0.008
C	-1.750	2.778	-0.63	0.546

$S = 9.622$ $R - Sq = 71.9\%$ $R - Sq(\text{adj}) = 61.4\%$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1898.25	632.75	6.83	0.013
Residual Error	8	740.67	92.58		
Total	11	2638.92			

The number of distinct predictor combinations equals the number of parameters. No degrees of freedom for lack of fit.

Cannot do pure error test.

Source	DF	Seq SS
A	1	720.75
B	1	1140.75
C	1	36.75

Unusual Observations

Obs	A	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	1.00	269.00	251.33	5.56	17.67	2.25R

R denotes an observation with a large standardized residual.

No evidence of lack of fit ($P > 0.1$)

Normplot of Residuals for Y

Residuals vs Fits for Y

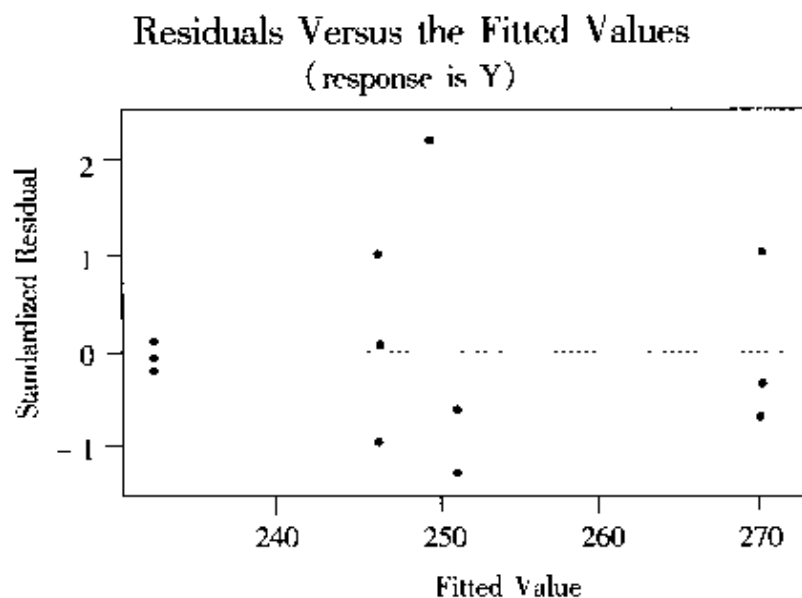


图 4-59

从以上分析可知, 回归方程的 P 值为 $0.013 < 0.05$, 主要因子的影响是显著的。

(2) 用响应曲面分析。

Response Surface Regression: Y versus A, B, C

The following terms cannot be estimated and were removed

A * B

A * C

B * C

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Y

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	251.083	2.778	90.395	0.000
A	-7.750	2.778	-2.790	0.024
B	9.750	2.778	3.510	0.008
C	-1.750	2.778	-0.630	0.546

$S = 9.622$ $R - Sq = 71.9\%$ $R - Sq(adj) = 61.4\%$

Analysis of Variance for Y

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	1898.25	1898.25	632.750	6.83	0.013
Linear	3	1898.25	1898.25	632.750	6.83	0.013

Residual Error	8	740.67	740.67	92.583
Pure Error	8	740.67	740.67	92.583
Total	11	2638.92		

Unusual Observations for Y

Observation	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
6	269.000	251.333	5.555	17.667	2.25R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Pareto Chart of the Standardized Effects
(response is Y, Alpha = 0.05)

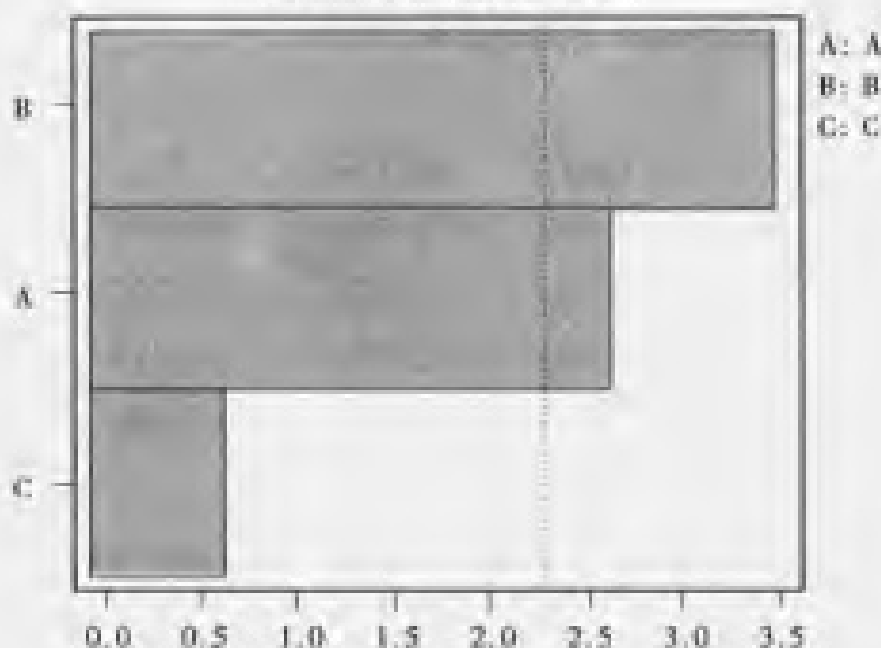


图 4-60

从上可知, 主要因子的影响是显著的。其中, B 因子影响最大, A 因子次之, C 因子影响最小。

2. 分辨度为Ⅳ级的设计

分辨度为Ⅳ级的设计, 各主效应 (A、B、C、D) 没有混淆, 主效应与二项交互效应也没有混淆 (AB、BC、CD、DA), 但主效应可能与某些二次项效应相混淆 (ABC、BCD、CDA), 某些二次项交互效应可能与其他二次项交互效应相混淆。I = ABCD 为Ⅳ级设计。

例 30: 一个 6Sigma 项目团队为改进某产品的合格率, 做了一个 4 因子 (A、B、C、D) 两水平分辨度为Ⅳ级的试验设计, 其试验结果如表 4-40 所示:

表 4-40

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	Y
6	1	1	1	1	-1	1	-1	32
15	2	1	1	-1	1	1	-1	36
9	3	1	1	-1	-1	-1	-1	67
5	4	1	1	-1	-1	1	1	89
10	5	1	1	1	-1	-1	1	24
1	6	1	1	-1	-1	-1	-1	56
8	7	1	1	1	1	1	1	78
4	8	1	1	1	1	-1	-1	25
11	9	1	1	-1	1	-1	1	36
13	11	1	1	-1	-1	1	1	89
16	12	1	1	1	1	1	1	47
7	13	1	1	-1	1	1	-1	25
2	14	1	1	1	-1	-1	1	56
12	15	1	1	1	1	-1	-1	78
3	16	1	1	-1	1	-1	1	36

试用 MINITAB 分析试验结果。

(1) 从 DOE 入口进行分析。

Factorial Design

Fractional Factorial Design

Factors: 4 Base Design: 4, 8 Resolution: IV

Runs: 16 Replicates: 2 Fraction: 1/2

Blocks: none Center pts (total): 0

Design Generators: D = ABC

Alias Structure

I + ABCD

A + BCD

B + ACD

C + ABD

D + ABC

AB + CD

AC + BD

AD + BC

Fractional Factorial Fit: Y versus A, B, C, D

Estimated Effects and Coefficients for Y (coded units)



Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		51.313	4.538	11.31	0.000
A	- 5.625	- 2.813	4.538	- 0.62	0.553
B	- 12.625	- 6.313	4.538	- 1.39	0.202
C	8.125	4.063	4.538	0.90	0.397
D	11.125	5.563	4.538	1.23	0.255
A * B	29.625	14.813	4.538	3.26	0.011
A * C	- 2.625	- 1.312	4.538	- 0.29	0.780
A * D	- 5.625	- 2.813	4.538	- 0.62	0.553

Analysis of Variance for Y (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects ^a	4	1523.25	1523.25	380.8	1.16	0.398
2 - Way Interactions	3	3664.69	3664.69	1221.6	3.71	0.061
Residual Error	8	2635.50	2635.50	329.4		
Pure Error	8	2635.50	2635.50	329.4		
Total	15	7823.44				

Unusual Observations for Y

Obs	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
8	25.0000	51.5000	12.8343	- 26.5000	- 2.06R
15	78.0000	51.5000	12.8343	26.5000	2.06R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Least Squares Means for Y

		Mean	SE Mean
A			
-1		54.13	6.417
1		48.50	6.417
B			
-1		57.63	6.417
1		45.00	6.417
C			
-1		47.25	6.417
1		55.38	6.417
D			
-1		45.75	6.417
1		56.88	6.417
A * B			
-1	-1	75.25	9.075
1	-1	40.00	9.075
-1	1	33.00	9.075
1	1	57.00	9.075
A * C			
-1	-1	48.75	9.075
1	-1	45.75	9.075
-1	1	59.50	9.075

1	1	51.25	9.075
A * D			
-1	-1	45.75	9.075
1	-1	45.75	9.075
-1	1	62.50	9.075
1	1	51.25	9.075

Effects Pareto for Y

Alias Structure

$$I + A * B * C * D$$

$$A + B * C * D$$

$$B + A * C * D$$

$$C + A * B * D$$

$$D + A * B * C$$

$$A * B + C * D$$

$$A * C + B * D$$

$$A * D + B * C$$

(2)回归分析。

Regression Analysis: Y versus A, B, C, D

The regression equation is

$$Y = 51.3 - 2.81A - 6.31B + 4.06C + 5.56D$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	51.313	5.983	8.58	0.000
A	-2.813	5.983	-0.47	0.647
B	-6.313	5.983	-1.06	0.314
C	4.062	5.983	0.68	0.511
D	5.563	5.983	0.93	0.372

S = 23.93 R - Sq = 19.5% R - Sq(adj) = 0.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	1523.3	380.8	0.66	0.629
Residual Error	11	6300.2	572.7		
Total	15	7823.4			

Source	DF	Seq SS
A	1	126.6
B	1	637.6
C	1	264.1
D	1	495.1

Unusual Observations

Obs	A	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
15	1.00	78.00	32.56	13.38	45.44	2.29R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Residuals vs Fits for Y

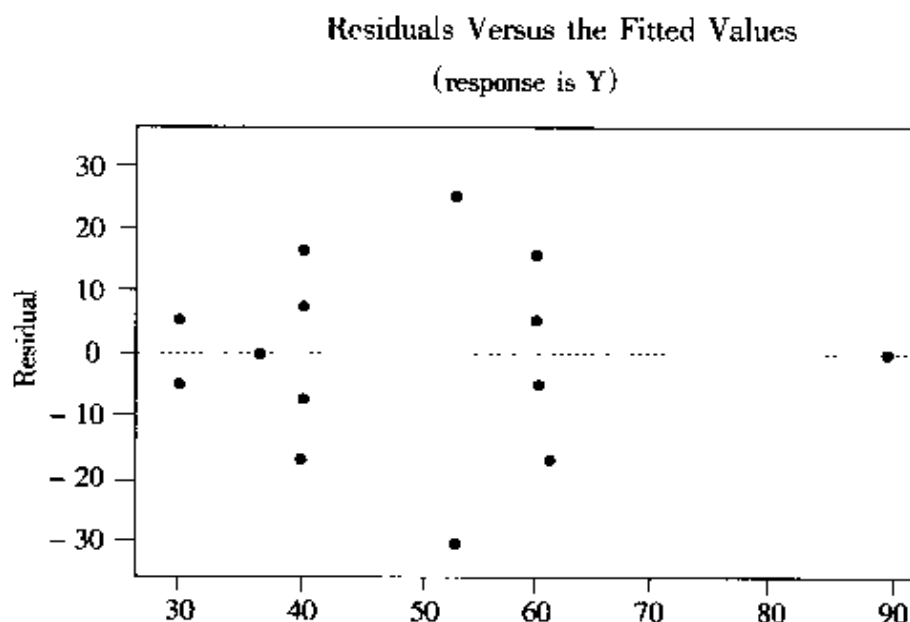


图 4 - 61

从以上可知交互作用的影响较为显著。另外，由上图可知试验模型拟合不好，因此要修改试验模型。

(3) 用响应曲面分析。

Response Surface Regression: Y versus A, B, C, D

The following terms cannot be estimated and were removed

$B * C$

$B * D$

$C * D$

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Y

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	51.313	4.538	11.308	0.000
A	-2.812	4.538	-0.620	0.553
B	-6.313	4.538	-1.391	0.202
C	4.062	4.538	0.895	0.397
D	5.563	4.538	1.226	0.255
A * B	14.812	4.538	3.264	0.011
A * C	-1.312	4.538	-0.289	0.780
A * D	-2.812	4.538	-0.620	0.553

S = 18.15 R - Sq = 66.3% R - Sq(adj) = 36.8%

Analysis of Variance for Y

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	7	5187.94	5187.94	741.13	2.25	0.139
Linear	4	1523.25	1523.25	380.81	1.16	0.398
Interaction	3	3664.69	3664.69	1221.56	3.71	0.061
Residual Error	8	2635.50	2635.50	329.44		
Pure Error	8	2635.50	2635.50	329.44		
Total	15	7823.44				

Unusual Observations for Y

Observation	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
8	25.000	51.500	12.834	- 26.500	- 2.06R
15	78.000	51.500	12.834	26.500	2.06R

R denotes an observation with a large standardized residual.

从以上可知交互作用的影响不太显著。因此试验模型不太理想，须重新进行试验。

3. 分辨度为 V 级的设计

分辨度为 V 级的设计，某些主效应（A、B、C、D、E）可能与某些四次项交互效应（ABCD、BCDE、CDEA、DEAB、EABC）相混淆，但不与三次项或更低项交互作用相混淆；某些二次项交互效应可能与三次项交互作用相混淆（ $AB \equiv CDE$ ， $BC \equiv ADE$ ， $DE \equiv ABC$ ），但各二次项交互效应没有混淆。I = ABCDE 为 V 级设计。

例 31：一个 6Sigma 项目团队为改进某产品的合格率，做了一个 5 因子（A、B、C、D、E）两水平分辨度为 V 级的试验设计。其试验结果如下：

表 4-41

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	Y
13	1	1	1	-1	-1	1	1	1	70
9	2	1	1	-1	-1	-1	1	-1	80
12	3	1	1	1	1	-1	1	-1	45

(续表)

8	4	1	1	1	1	1	-1	-1	57
6	5	1	1	1	-1	1	-1	1	67
3	6	1	1	-1	1	-1	-1	-1	75
2	7	1	1	1	-1	-1	-1	-1	69
15	8	1	1	-1	1	1	1	-1	89
16	9	1	1	1	1	1	1	1	46
7	10	1	1	-1	1	1	-1	1	86
10	11	1	1	1	-1	-1	1	1	35
5	12	1	1	-1	-1	1	-1	-1	79
1	13	1	1	-1	-1	-1	-1	1	76
4	14	1	1	1	1	-1	-1	1	43
11	15	1	1	-1	1	-1	1	1	73
14	16	1	1	1	-1	1	1	-1	56

(1) 从 DOE 入口进行分析。

Factorial Design

Fractional Factorial Design

Factors: 5 Base Design: 5, 16 Resolution: V

Runs: 16 Replicates: 1 Fraction: 1/2

Blocks: none Center pts (total): 0

Design Generators: E = ABCD

Alias Structure

I + ABCDE

A + BCDE

B + ACDE

C + ABDE

D + ABCE

E + ABCD

AB + CDE

AC + BDE

AD + BCE

AE + BCD

BC + ADE

BD + ACE

BE + ACD

CD + ABE

CE + ABD

DE + ABC

Regression Analysis: Y versus A, B, C, D, E

The regression equation is

$$Y = 65.4 - 13.1A - 1.12B + 3.37C - 3.63D - 3.38E$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	65.375	2.098	31.16	0.000
A	-13.125	2.098	-6.25	0.000
B	-1.125	2.098	-0.54	0.604

C	3.375	2.098	1.61	0.139
D	-3.625	2.098	-1.73	0.115
E	-3.375	2.098	-1.61	0.139

$S = 8.393$ $R - Sq = 82.6\%$ $R - Sq(adj) = 73.9\%$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	3351.25	670.25	9.51	0.001
Residual Error	10	704.50	70.45		
Total	15	4055.75			

Source	DF	Seq SS
A	1	2756.25
B	1	20.25
C	1	182.25
D	1	210.25
E	1	182.25

Alias Information for Terms in the Model.

Totally confounded terms were removed from the analysis.

$A * B + C * D * E$

$A * C + B * D * E$

$A * D + B * C * E$

$A * E + B * C * D$

$$B * C + A * D * E$$

$$B * D + A * C * E$$

$$B * E + A * C * D$$

$$C * D + A * B * E$$

$$C * E + A * B * D$$

$$D * E + A * B * C$$

* NOTE * Some of the terms requested in MEANS were removed from the analysis.

Fractional Factorial Fit: Y versus A, B, C, D, E

Estimated Effects and Coefficients for Y (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		65.38
A	- 26.25	- 13.12
B	- 2.25	- 1.12
C	6.75	3.37
D	- 7.25	- 3.63
E	- 6.75	- 3.38
A * B	- 6.75	- 3.38
A * C	1.75	0.87
A * D	- 6.25	- 3.12
A * E	- 2.25	- 1.13
B * C	3.75	1.87
B * D	5.25	2.63
B * E	2.25	1.12
C * D	0.25	0.12

C * E	3.75	1.87
D * E	-4.75	-2.38

Analysis of Variance for Y (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	3351.2	3351.2	670.25	*	*
2 - Way Interactions	10	704.5	704.5	70.45	*	*
Residual Error	0	0.0	0.0	0.00		
Total	15	4055.7				

Least Squares Means for Y

	Mean
A	
- 1	78.50
1	52.25
B	
- 1	66.50
1	64.25
C	
- 1	62.00
1	68.75
D	
- 1	69.00

1	61.75
E	
-1	68.75
1	62.00
A * B	
-1 -1	76.25
1 -1	56.75
-1 1	80.75
1 1	47.75
A * C	
-1 -1	76.00
1 -1	48.00
-1 1	81.00
1 1	56.50
A * D	
-1 -1	79.00
1 -1	59.00
-1 1	78.00
1 1	45.50
A * E	
-1 -1	80.75
1 -1	56.75
-1 1	76.25
1 1	47.75
B * C	
-1 -1	65.00

1 - 1	59.00
- 1 1	68.00
1 1	69.50
B * D	
- 1 - 1	72.75
1 - 1	65.25
- 1 1	60.25
1 1	63.25
B * E	
- 1 - 1	71.00
1 - 1	66.50
- 1 1	62.00
1 1	62.00
C * D	
- 1 - 1	65.75
1 - 1	72.25
- 1 1	58.25
1 1	65.25
C * E	
- 1 - 1	67.25
1 - 1	70.25
- 1 1	56.75
1 1	67.25
D * E	
- 1 - 1	70.00
1 - 1	67.50

- 1	1	68.00
1	1	56.00

Effects Pareto for Y

Alias Structure

I + A * B * C * D * E

A + B * C * D * E

B + A * C * D * E

C + A * B * D * E

D + A * B * C * E

E + A * B * C * D

A * B + C * D * E

A * C + B * D * E

A * D + B * C * E

A * E + B * C * D

B * C + A * D * E

B * D + A * C * E

B * E + A * C * D

C * D + A * B * E

C * E + A * B * D

D * E + A * B * C

* NOTE * Cannot perform the Normal Score plot with MSE = 0.

Residuals vs Fits for Y

Executing from file: C: \ Program Files \ MTBWIN \
MACROS \ FFMain.MAC

Macro is running . . . please wait

Main Effects for Y

Executing from file: C: \ Program Files \ MTBWIN \
MACROS \ FFInt.MAC

Macro is running . . . please wait

Interaction Plot for Y

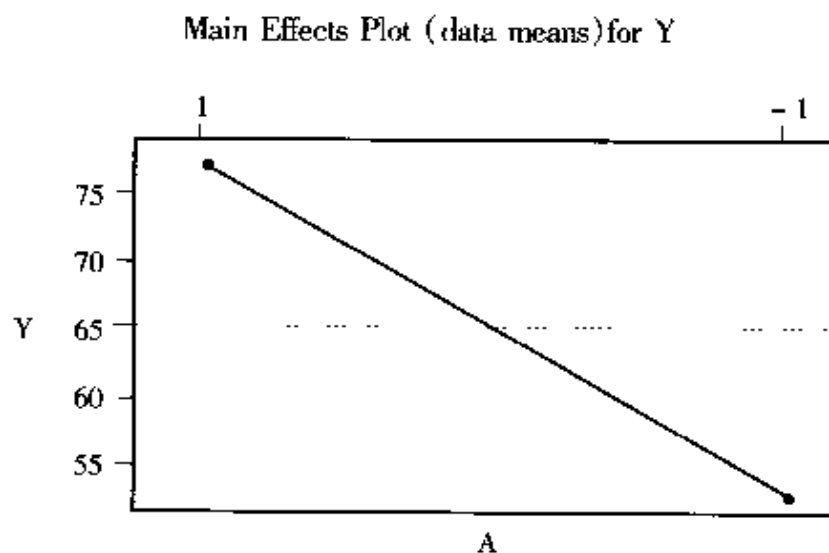


图 4 - 62

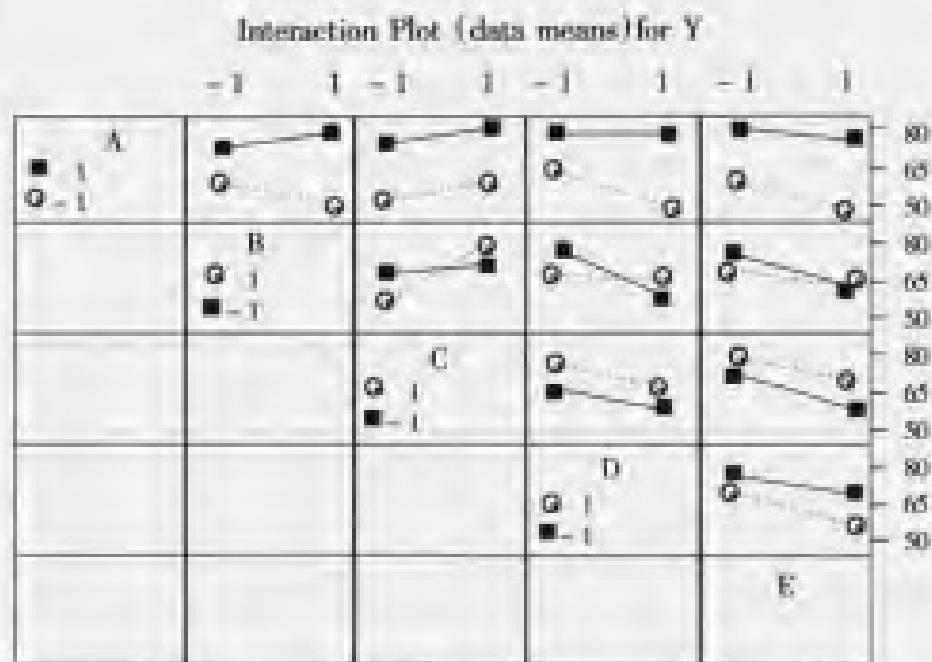


图 4-63

Pareto Chart of the Effects
(response is Y, Alpha = 0.05)

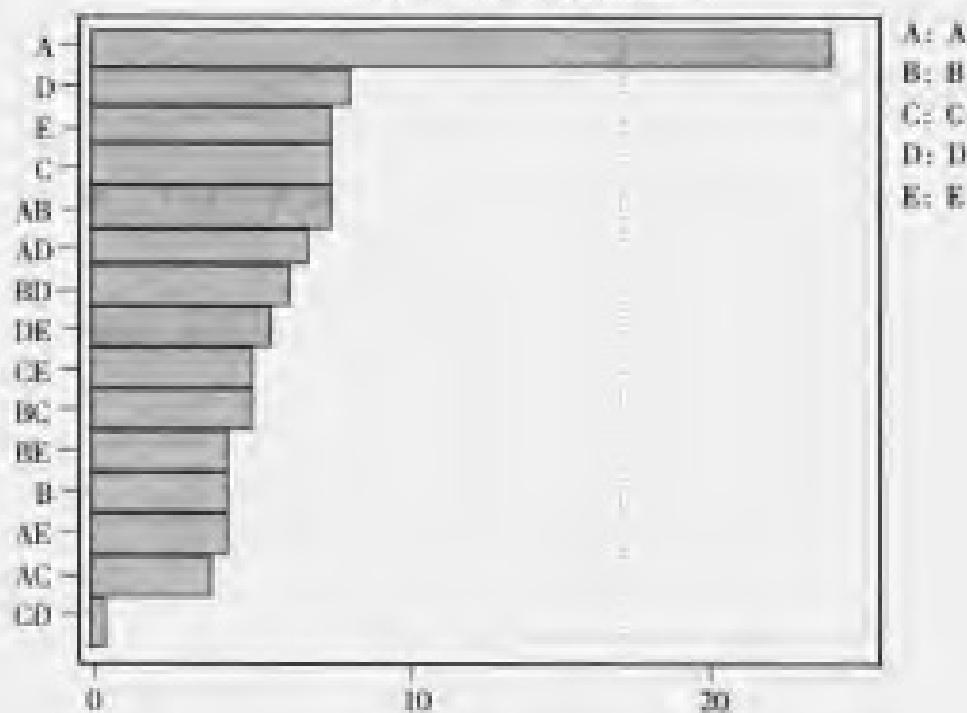


图 4-64

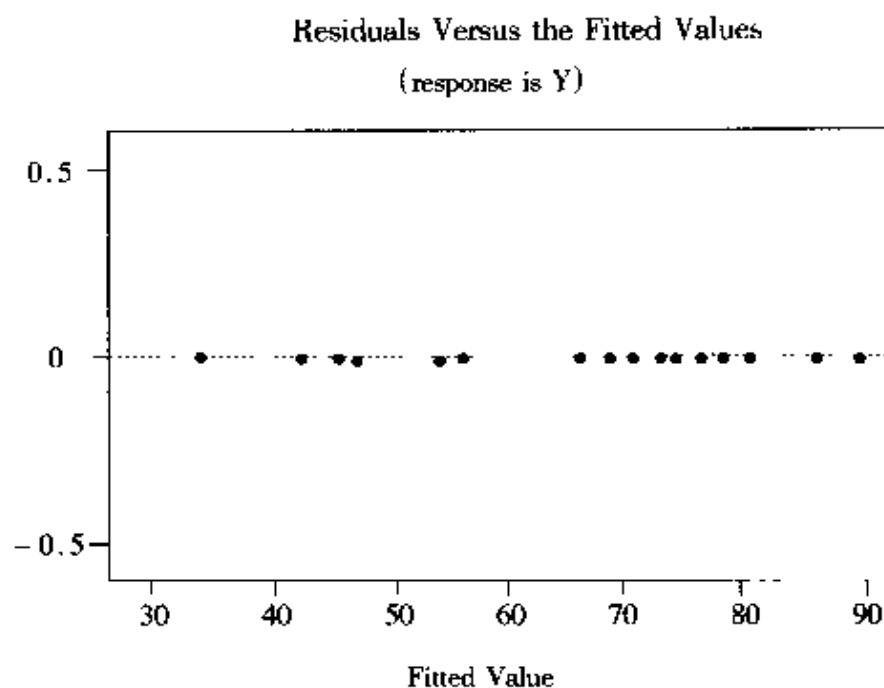


图 4 - 65

从上面的分析可知，A 因子是主要影响该产品合格率的重要因素。

(2) 用响应曲面分析。

Response Surface Regression: Y versus A, B, C, D, E

The following terms cannot be estimated and were removed.

A * A

B * B

C * C

D * D

E * E

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Y

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	65.38	2.098	31.155	0.000
A	-13.12	2.098	-6.255	0.000
B	-1.13	2.098	-0.536	0.604
C	3.38	2.098	1.608	0.139
D	-3.62	2.098	-1.728	0.115
E	-3.37	2.098	-1.608	0.139

S = 8.393 R - Sq = 82.6% R - Sq(adj) = 73.9%

Analysis of Variance for Y

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	5	3351.25	3351.25	670.250	9.51	0.001
Linear	5	3351.25	3351.25	670.250	9.51	0.001
Residual Error	10	704.50	704.50	70.450		
Total	15	4055.75				

Response Surface Regression: Y versus A, B, C, D, E

The following terms cannot be estimated and were removed

A * A

从上可知, A 因子是主要影响该产品合格率的重要因素。

(3) 优化试验设计。



Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Y	Target	80	90	100	1	1

Global Solution

$$A = -1$$

$$B = 1$$

$$C = 1$$

$$D = 1$$

$$E = -1$$

Predicted Responses

$$Y = 89.5, \text{ desirability} = 0.95$$

$$\text{Composite Desirability} = 0.95000$$

Optimal	Hi	A	B	C	D	E
D	Cur	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.9500	Lo	[-1.0]	[1.0]	[1.0]	[1.0]	[-1.0]
		-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Y						
Targ: 90.0						
y = 89.50						
d = 0.95000						

图 4-66



从上可知，优化设计到下列条件时：

$$A = -1$$

$$B = 1$$

$$C = 1$$

$$D = 1$$

$$E = -1$$

可以达到目标 $Y = 89.5\%$ 。

◎ 响应曲面设计

响应曲面试验设计适合于有非线性函数关系的响应方程。

如二次项， $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{12}x_1x_2 + \text{error}$ 。

1. 中心复合设计 (CCD)

中心复合试验设计是在两水平试验设计的基础上，增加一个设计点（相当于增加一个水平），从而可以评估响应变量与试验因子的非线性关系。

例 32：一个 6Sigma 项目团队为提高某产品的合格率，做了一个 3 因子（A、B、C）的响应曲面试验设计。其试验结果如表 4-42 所示：

表 4-42

Stdorder	RunOrder	Blocks	A	B	C	Y
15	1	1	0.00000	0.00000	0.00000	26
10	2	1	1.68179	0.00000	0.00000	45
13	3	1	0.00000	0.00000	-1.68179	35

(续表)

18	4	1	0.00000	0.00000	0.00000	18
14	5	1	0.00000	0.00000	1.68179	56
11	6	1	1.00000	-1.00000	0.00000	49
3	7	1	-1.00000	1.00000	-1.00000	37
6	8	1	1.00000	-1.00000	1.00000	23
1	9	1	-1.00000	-1.00000	-1.00000	18
7	10	1	-1.00000	1.00000	1.00000	89
12	11	1	0.00000	1.68179	0.00000	78
20	12	1	0.00000	0.00000	0.00000	49
8	13	1	1.00000	1.00000	1.00000	76
5	14	1	-1.00000	-1.00000	1.00000	16
19	15	1	0.00000	0.00000	0.00000	32
2	16	1	1.00000	-1.00000	-1.00000	78
4	17	1	1.00000	1.00000	-1.00000	79
9	18	1	-1.68179	0.00000	0.00000	45
16	19	1	0.68179	0.00000	0.00000	34
17	20	1	0.00000	0.00000	0.00000	38

试对试验结果进行分析。

(1)从响应曲面试验设计 DOE 入口。

Response Surface Regression: Y versus A, B, C

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Y

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	46.05	3.647	12.626	0.000
A	7.03	4.414	1.593	0.135
B	14.26	4.414	3.231	0.007
C	2.00	4.414	0.453	0.658
A * B	-4.75	5.767	-0.824	0.425
A * C	-13.50	5.767	-2.341	0.036
B * C	13.25	5.767	2.298	0.039

S = 16.31 R - Sq = 65.4% R - Sq(adj) = 49.5%

Analysis of Variance for Y

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	6550.3	6550.3	1091.7	4.10	0.016
Linear	3	3507.3	3507.3	1169.1	4.39	0.024
Interaction	3	3043.0	3043.0	1014.3	3.81	0.037
Residual Error	13	3458.7	3458.7	266.1		
Lack - of - Fit	8	2901.8	2901.8	362.7	3.26	0.105
Pure Error	5	556.8	556.8	111.4		
Total	19	10008.9				

Residuals vs Fits for Y

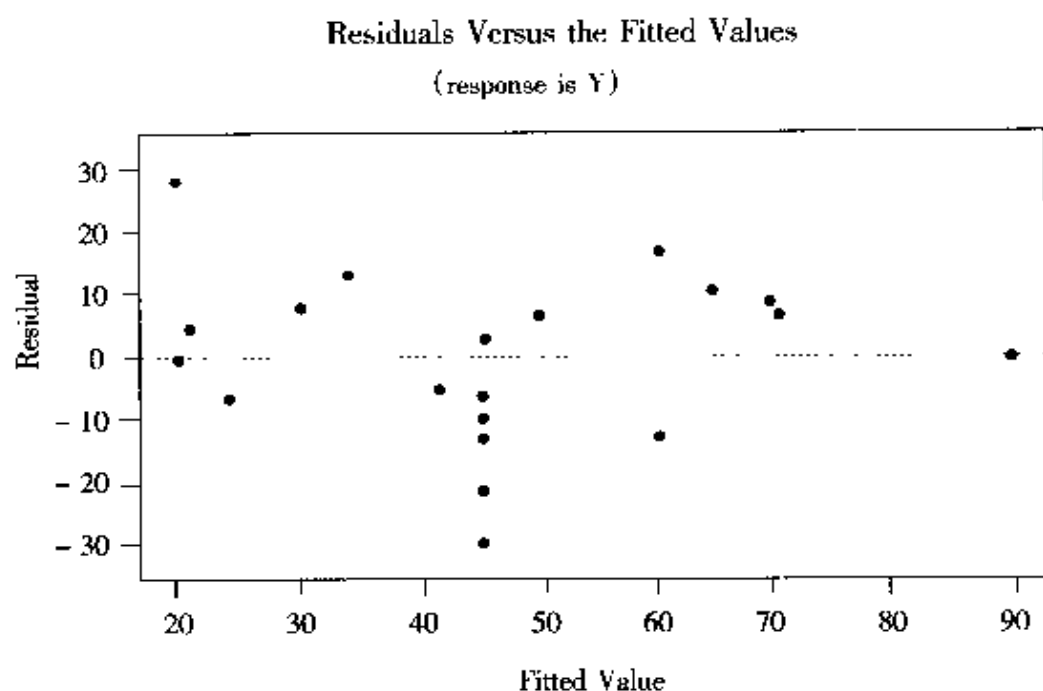
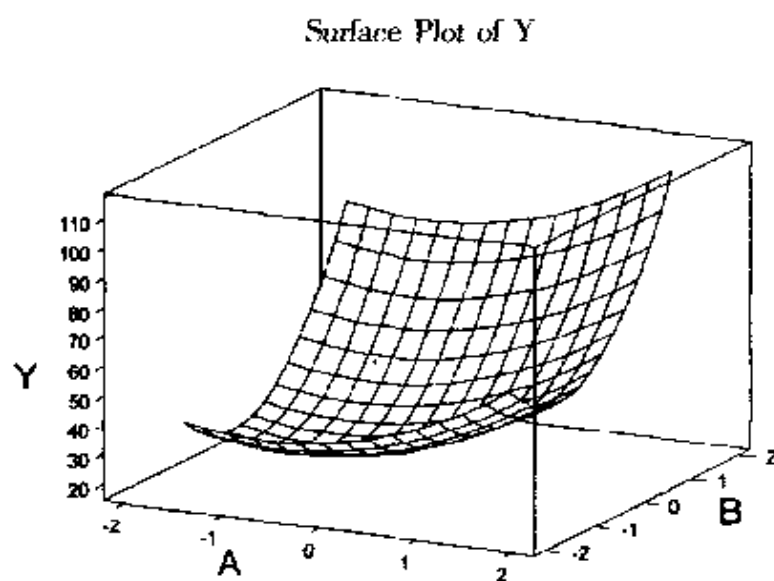


图 4-67

从上可知, 试验设计回归方程为: $Y = 46.05 + 7.03A + 14.26B + 2C - 4.75AB - 13.50AC + 13.25BC$ 。但回归系数只有 0.654, 回归方程拟合不太好, 须要修正模型。去掉不显著项, 回归方程为:

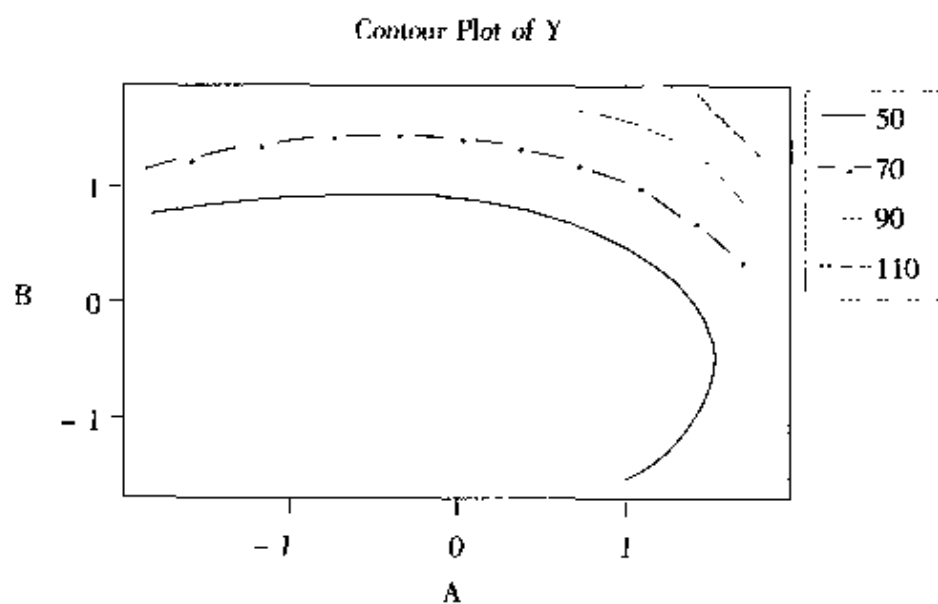
$$Y = 46.05 + 14.26B - 13.50AC + 13.25BC。$$

(2) 做出响应曲面图。



Hold values: C: 0.0

图 4-68



Hold values: C: 0.0

图 4-69

(3) 优化设计:

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Y	Target	80	90	100	1	1

Global Solution

$$A = -1.67173$$

$$B = 1.61053$$

$$C = 0.99303$$

Predicted Responses

$$Y = 90.0000, \text{ desirability} = 1.00000$$

$$\text{Composite Desirability} = 1.00000$$

从下可知,优化设计到下列条件时,即:

$$A = -1.67173$$

$$B = 1.61053$$

$$C = 0.99303$$

可以达到目标 $Y = 90\%$ 。

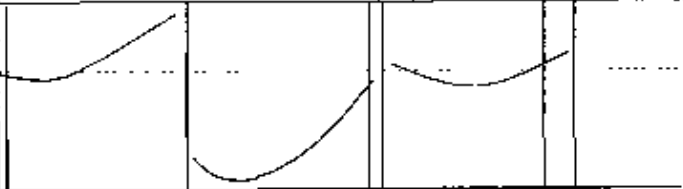
Optimal	Hi	A	B	C
D	Cur	1.6818	1.6818	1.6818
0.9500	Lo	[-1.6717]	[1.6105]	[0.9930]
		-1.6818	-1.6818	-1.6818
Y				
Targ: 90.0				
y = 90.0				
d = 1.0000				

图 4-70

2. Box - Behnken 设计

Box - Behnken 设计适合于非线性关系的数学模型,比中心复合设计更安全。因为 Box - Behnken 在设计方案中加入了一些中心点,并未增加轴向点,不像中心复合设计有轴向点,因而设计更安全。如图 4-71 所示:

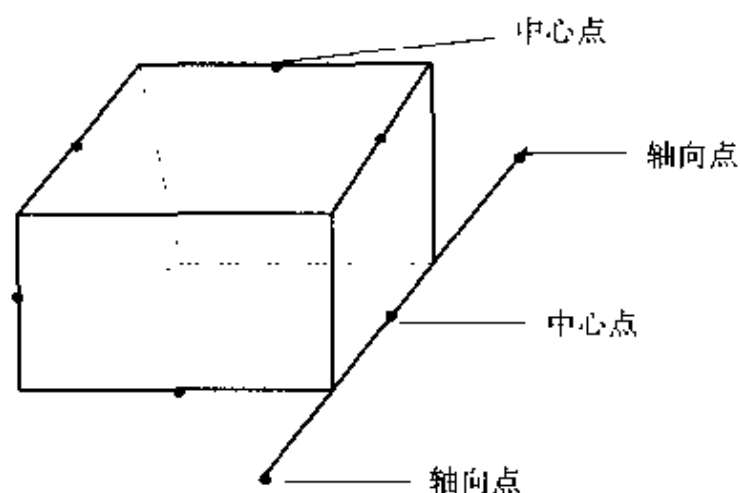


图 4-71

例 33: 一个 6Sigma 项目团队为提高某化工产品的合格率, 做了一个 3 因子(A、B、C)的响应曲面试验设计。其试验结果如表 4-43 所示:

表 4-43

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C4
StdOrder	RunOrder	Blocks	A	B	C	Y
13	1	1	0	0	0	45
3	2	1	-1	1	0	66
11	3	1	0	-1	1	50
15	4	1	0	0	0	39
1	5	1	-1	-1	0	25
9	6	1	0	-1	-1	68
12	7	1	0	1	1	56
14	8	1	0	0	0	36
2	9	1	1	-1	0	86
10	10	1	0	1	-1	78
7	11	1	-1	0	1	40
6	12	1	1	0	-1	89
4	13	1	1	1	0	90
5	14	1	-1	0	-1	30
8	15	1	1	0	1	87

试用 MINITAB 进行分析。

(1)从响应曲面试验设计 DOE 入口进行分析。

Box - Behnken Design

Box - Behnken Design



Factors: 3 Blocks: none
Runs: 15 Center points: 3

Response Surface Regression: Y versus A, B, C

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Y

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	58.867	3.950	14.903	0.000
A	23.875	5.409	4.414	0.002
B	7.625	5.409	1.410	0.196
C	-4.000	5.409	-0.740	0.481
A * B	-8.750	7.649	-1.144	0.286
A * C	-3.000	7.649	-0.392	0.705
B * C	-1.000	7.649	-0.131	0.899

S = 15.30 R - Sq = 74.6% R - Sq(adj) = 55.6%

Analysis of Variance for Y

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	5499.50	5499.50	916.58	3.92	0.040
Linear	3	5153.25	5153.25	1717.75	7.34	0.011
Interaction	3	346.25	346.25	115.42	0.49	0.697
Residual Error	8	1872.23	1872.23	234.03		
Lack - of - Fit	6	1830.23	1830.23	305.04	14.53	0.066

Pure Error	2	42.00	42.00	21.00
Total	14	7371.73		

Observation	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	45.000	58.867	3.950	-13.867	-0.94
2	65.000	51.367	11.516	13.633	1.35
3	50.000	48.242	11.516	1.758	0.17
4	39.000	58.867	3.950	-19.867	-1.34
5	25.000	18.617	11.516	6.383	0.63
6	68.000	54.242	11.516	13.758	1.37
7	56.000	61.492	11.516	-5.492	-0.55
8	36.000	58.867	3.950	-22.867	-1.55
9	85.000	83.867	11.516	1.133	0.11
10	78.000	71.492	11.516	6.508	0.65
11	40.000	33.992	11.516	6.008	0.60
12	89.000	89.742	11.516	-0.742	-0.07
13	90.000	81.617	11.516	8.383	0.83
14	30.000	35.992	11.516	-5.992	-0.59
15	87.000	75.742	11.516	11.258	1.12

Estimated Regression Coefficients for Y using data in uncoded units.

Term	Coef
Constant	58.8667
A	23.8750

B	7.62500
C	-4.00000
A * B	-8.75000
A * C	-3.00000
B * C	-1.00000

Residuals vs Fits for Y

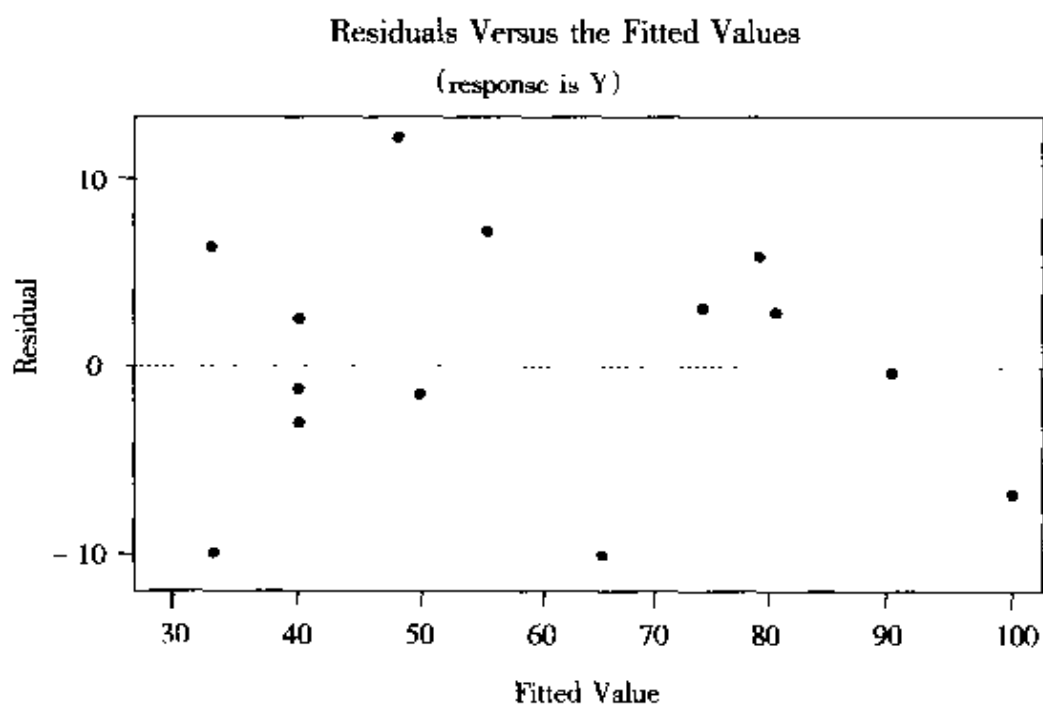


图 4 - 72

从上可知，试验设计的回归方程为：

$$Y = 58.867 + 23.875A + 7.625B - 4C - 8.75AB - 3AC - BC。$$

但回归系数只有 0.746，因此回归方程拟合不太好，须要修正模型。

(2) 考虑 A、B、C 的平方项。

Response Surface Regression: Y versus A, B, C

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Y

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	40.000	5.904	6.775	0.000
A	23.875	3.615	6.604	0.000
B	7.625	3.615	2.109	0.068
C	-4.000	3.615	-1.106	0.301
A * A	12.375	5.322	2.325	0.049
B * B	13.875	5.322	2.607	0.031
C * C	9.125	5.322	1.715	0.125

S = 10.23 R - Sq = 88.7% R - Sq(adj) = 80.1%

Analysis of Variance for Y

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	6535.23	6535.23	1089.21	10.42	0.002
Linear	3	5153.25	5153.25	1717.75	16.43	0.001
Square	3	1381.98	1381.98	460.66	4.41	0.042
Residual Error	8	836.50	836.50	104.56		
Lack - of - Fit	6	794.50	794.50	132.42	6.31	0.143
Pure Error	2	42.00	42.00	21.00		
Total	14	7371.73				

Observation	Y	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	45.000	40.000	5.904	5.000	0.60
2	65.000	50.000	7.231	15.000	2.07R
3	50.000	51.375	7.231	-1.375	-0.19
4	39.000	40.000	5.904	-1.000	-0.12
5	25.000	34.750	7.231	-9.750	-1.35
6	68.000	59.375	7.231	8.625	1.19
7	56.000	66.625	7.231	-10.625	-1.47
8	36.000	40.000	5.904	-4.000	-0.48
9	85.000	82.500	7.231	2.500	0.35
10	78.000	74.625	7.231	3.375	0.47
11	40.000	33.625	7.231	6.375	0.88
12	89.000	89.375	7.231	-0.375	-0.05
13	90.000	97.750	7.231	-7.750	-1.07
14	30.000	41.625	7.231	-11.625	-1.61
15	87.000	81.375	7.231	5.625	0.78

R denotes an observation with a large standardized residual.

Estimated Regression Coefficients for Y using data in uncoded units.

Term	Coef
Constant	40.0000
A	23.8750
B	7.62500
C	-4.00000
A * A	12.3750



B * B	13.8750
C * C	9.12500

Residuals vs Fits for Y

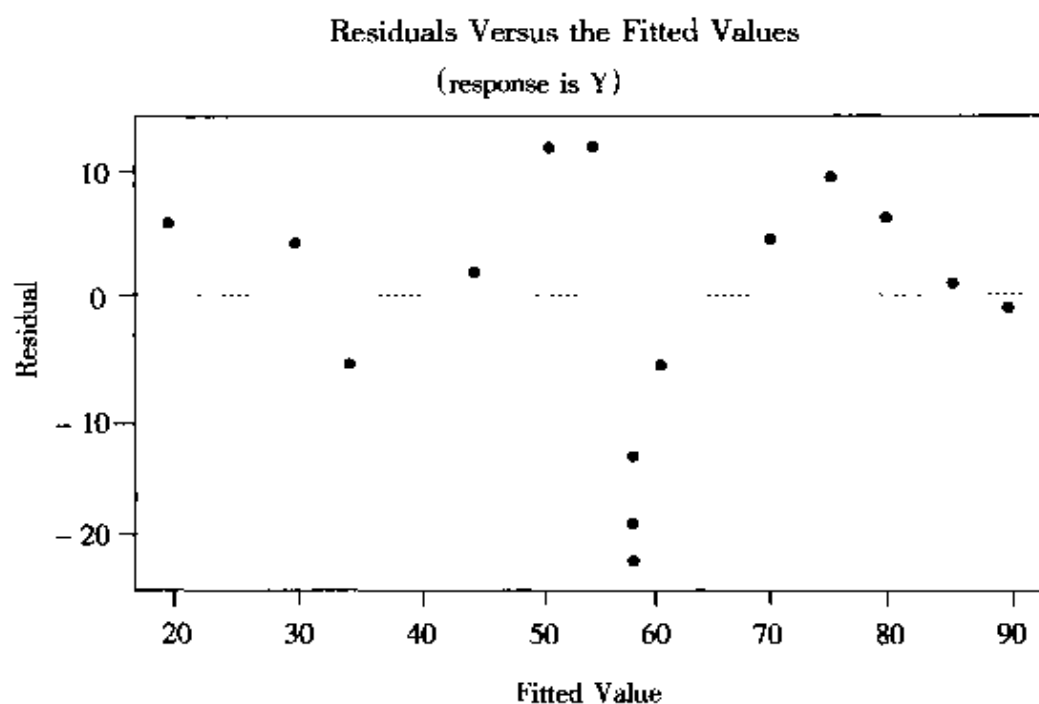
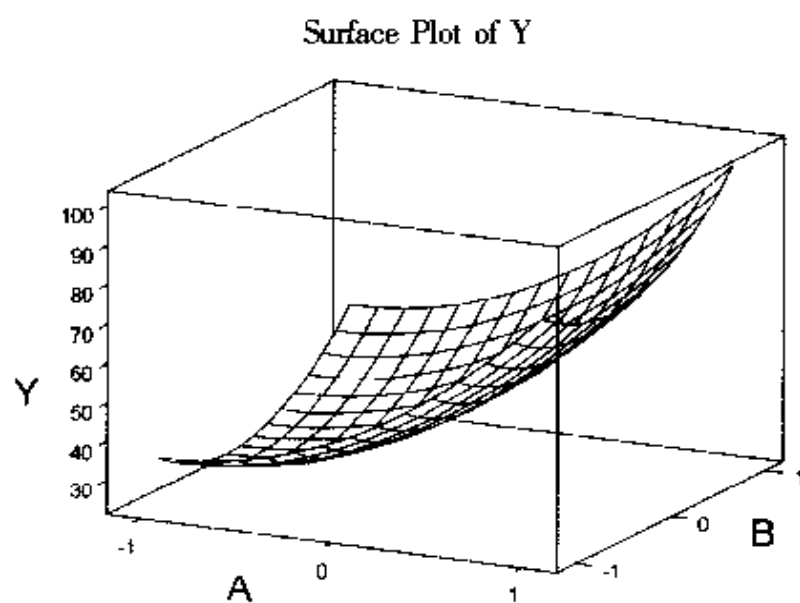


图 4-73

从以上可知,试验设计的回归方程为:

$Y = 40 + 23.875A + 7.625B - 4C + 12.375A * A + 13.875B * B + 9.125C * C$, 回归系数为 0.887, 回归方程拟合较好。

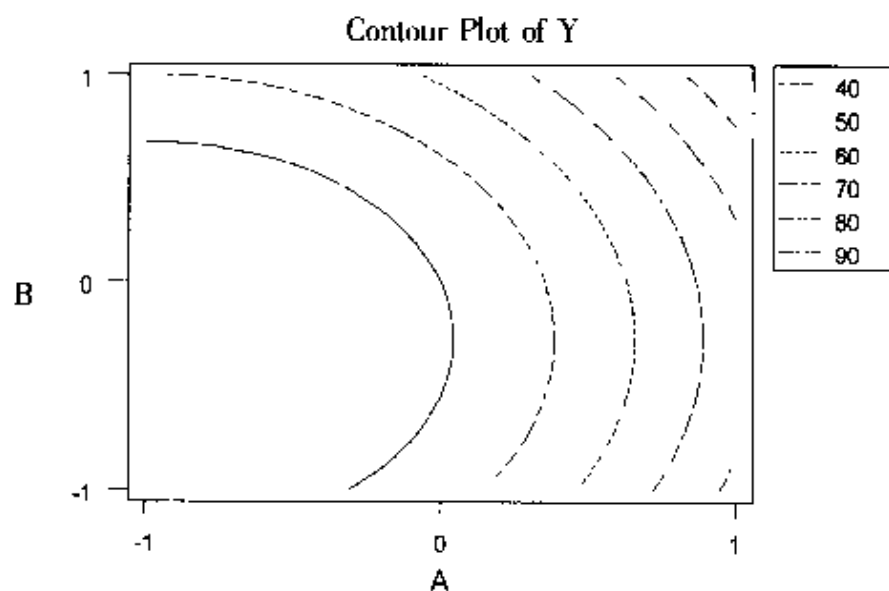
(3)做响应曲面图。



Hold values: C:0.0

图 4-74

RSContour C7



Hold values: C:0.0

图 4-75

(4) 优化设计:

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Y	Target	90	95	100	1	1

Global Solution

$$A = 0.86545$$

$$B = 0.90211$$

$$C = -0.67748$$

Predicted Responses

$$Y = 95, \text{ desirability} = 1.00000$$

$$\text{Composite Desirability} = 1.00000$$

Response Optimization

Optimal	Hi	A	B	C
D	Cur	1.0	1.0	1.0
0.9500	Lo	[0.8655]	[0.9021]	[-0.6775]
		-1.0	-1.0	-1.9

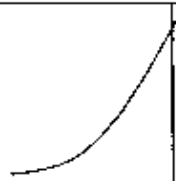
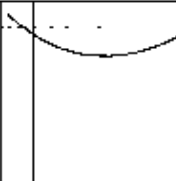
Y				
Targ: 90.0				
y = 95.0				
d = 1.0000				

图 4-76

从上可知, 优化设计到下列条件时:

$$A = 0.86545$$

$$B = 0.90211$$

$$C = -0.67748$$

可以达到目标值 $Y = 95\%$ 。

④混料试验设计

混料试验设计是针对混合物比例或混合成分的试验设计解决方案。它有三种类型：单纯型重心法 (Simplex Centroid)，单纯形格点法 (Simplex Lattice) 和极端顶点设计法 (Extreme Vertices Design)。可参照 MINTAB DOE 设计方案进行解决。

1. 单纯型重心法

单纯型重心法是针对单一混合物比例的设计。

2. 单纯型格点法

单纯型格点法又叫单一点阵试验设计，它可分为不同自由度的试验设计。如图所示：

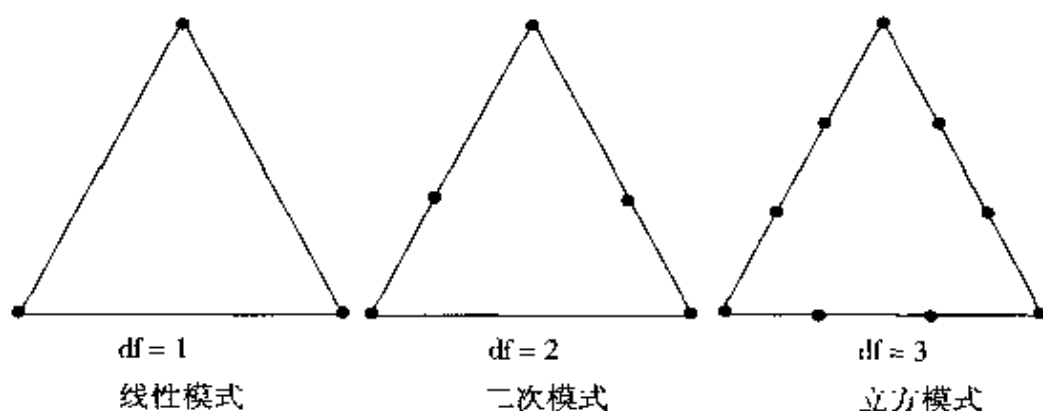


图 4-77

3. 极端顶点设计

极端顶点设计是在指定自由度下，在一定区间的试验设计，这是由多混料变量约束的限制来确定的。下图是两个或三因子极端顶点设计法的设计区域。

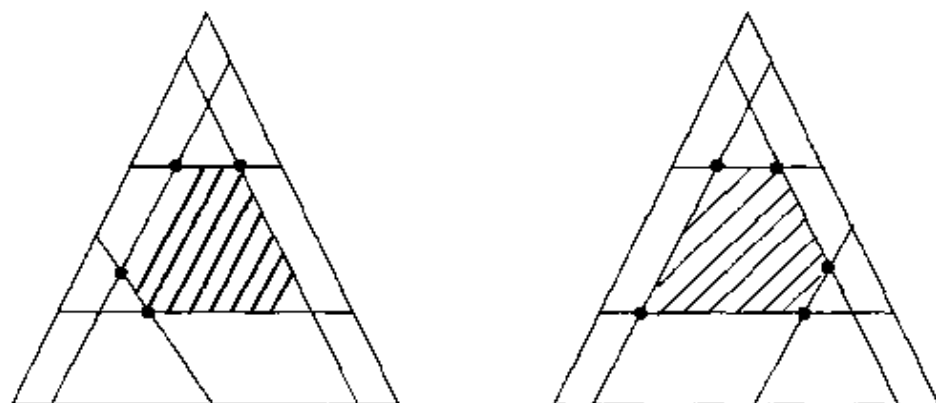


图 4-78

例 34：某化合物由 A、B、C 三种原料组成，为提高该化合物的物理性能，进行了一次混料试验设计，其试验结果如表 4-44 所示：

表 4-44

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	performance	FTTS1	RESL1
8	1	-1	1	0.6667	0.16667	0.1667	156	152.096	3.9040
2	2	1	1	0.00000	1.00000	0.00000	137	133.997	3.0025
10	3	-1	1	0.16667	0.16667	0.66667	145	153.369	-8.3687
4	4	2	1	0.50000	0.50000	0.00000	126	137.641	-11.6414
5	5	2	1	0.50000	0.00000	0.50000	169	178.641	-9.6414
1	6	1	1	1.00000	0.00000	0.00000	129	128.088	0.9116

(续表)

7	7	0	1	0.33333	0.33333	0.33333	178	151.250	26.7500
9	8	-1	1	0.16667	0.66667	0.16667	134	136.369	-2.3687
3	9	1	1	0.00000	0.00000	1.00000	149	143.997	5.0025
6	10	2	1	0.00000	0.50000	0.50000	118	125.551	-7.5505

试用 MINITAB 进行分析。

(1) 从 MINITAB 混料试验设计入口进行分析。

Simplex Centroid Design

Components: 3

Design points: 10

Process variables: 0

Design degree: 3

Mixture total: 1

Number of Boundaries for Each Dimension

Point Type	1	2	0
------------	---	---	---

Dimension	0	1	2
-----------	---	---	---

Number	3	3	1
--------	---	---	---

Number of Design Points for Each Type

Point Type	1	2	3	0	-1
------------	---	---	---	---	----

Distinct	3	3	0	1	3
----------	---	---	---	---	---

Replicates	1	1	0	1	1
------------	---	---	---	---	---

Total Number 3 3 0 1 3

Bounds of Mixture Components

Comp	Amount		Proportion		Pseudocomponent	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
A	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
B	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
C	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000

Regression for Mixtures: performance versus A, B, C

Estimated Regression Coefficients for performance (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
A	128.09	16.19	*	*	1.964
B	134.00	16.19	*	*	1.964
C	144.00	16.19	*	*	1.964
A * B	26.39	74.60	0.35	0.741	1.982
A * C	170.39	74.60	2.28	0.084	1.982
B * C	-53.79	74.60	-0.72	0.511	1.982

S = 16.784 PRESS = 12665

R - Sq = 66.11% R - Sq(pred) = 0.00% R - Sq(adj) = 23.75%



Analysis of Variance for performce (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	5	2198.09	2198.09	439.618	1.56	0.344
Linear	2	543.00	142.27	71.136	0.25	0.788
Quadratic	3	1655.09	1655.09	551.696	1.96	0.262
Residual Error	4	1126.81	1126.81	281.703		
Total	9	3324.90				

Residuals vs Fits for performce

Residuals Versus the Fitted Values

(response is performce)

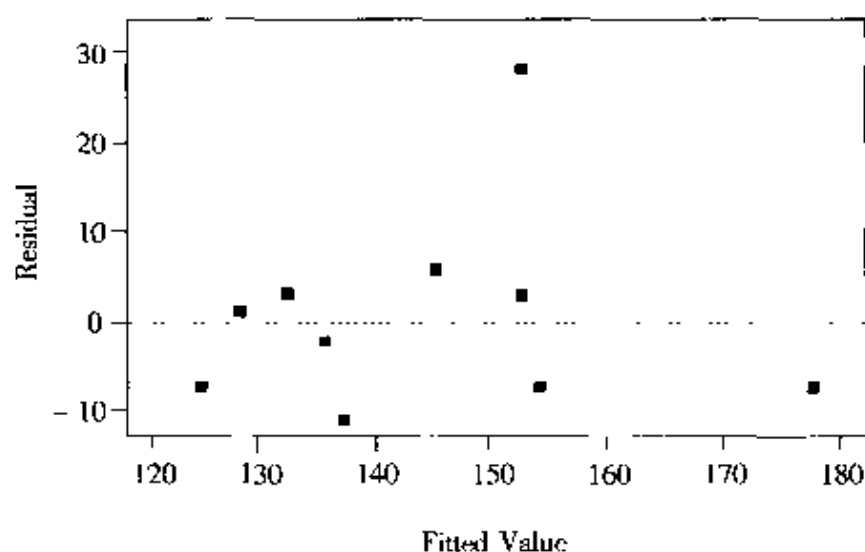


图 4-79

从以上分析可知,该试验模型效果不是太好,我们再用全模型进行分析:

Regression for Mixtures: performce versus A, B, C

The following terms cannot be estimated and were removed:

$B * C * (-)$

$A * B * B * C$

$A * B * C * C$

$A * B * (-)^2$

$A * C * (-)^2$

$B * C * (-)^2$

Estimated Regression Coefficients for performance (component proportions)

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
A	127.9	16.27	*	*	2.101
B	135.9	16.27	*	*	2.101
C	147.9	16.27	*	*	2.101
A * B	- 32.6	79.79	- 0.41	0.753	2.400
A * C	115.4	79.79	1.45	0.385	2.400
B * C	- 104.6	79.79	- 1.31	0.415	2.400
A * B * (-)	- 146.2	279.04	- 0.52	0.693	1.806
A * C * (-)	- 14.2	279.04	- 0.05	0.968	1.806
A * A * B * C	2668.2	1570.03	1.70	0.339	3.000

S = 16.313 PRESS = 208778

R - Sq = 92.00% R - Sq(pred) = 0.00% R - Sq(adj) = 27.96%

Analysis of Variance for performce (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	8	3058.78	3058.78	382.347	1.44	0.572
Linear	2	543.00	202.67	101.333	0.38	0.753
Quadratic	3	1655.09	1263.08	421.026	1.58	0.515
Full Cubic	2	92.06	90.06	45.030	0.17	0.864
Special Quart	1	768.63	768.63	768.627	2.89	0.339
Residual Error	1	266.12	266.12	266.123		
Total	9	3324.90				

Unusual Observations for performce

Observation	performc	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
2	137.000	135.858	16.273	1.142	1.00 X
6	129.000	127.858	16.273	1.142	1.00 X
9	149.000	147.858	16.273	1.142	1.00 X

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Residuals vs Fits for performc

从以上可知,全模型拟合尚可, $S = 16.312$,回归系数 0.92。
总的来说试验效果还是不太理想。

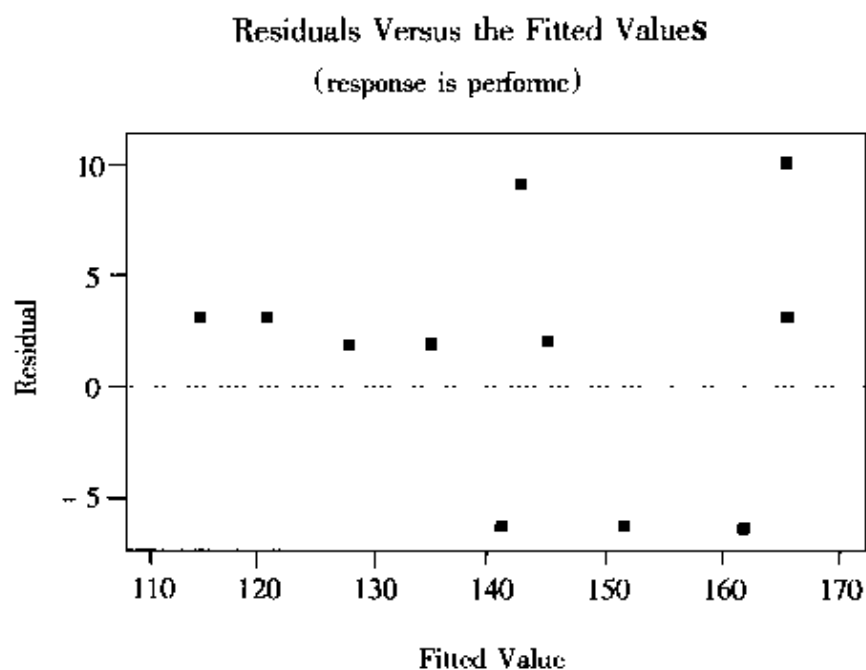
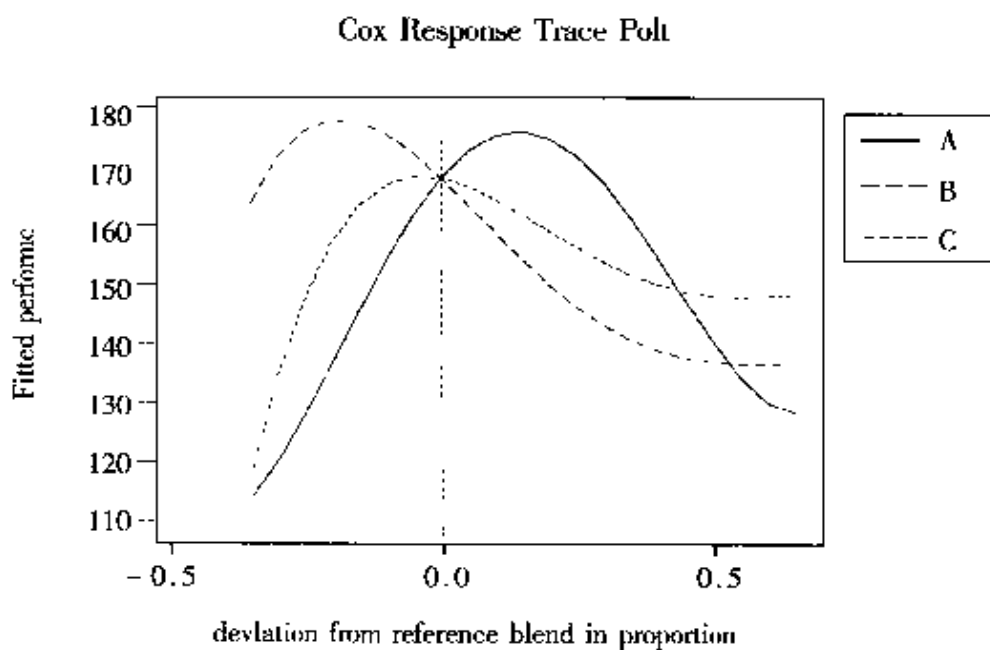


图 4 - 80

(2) 效应图分析。



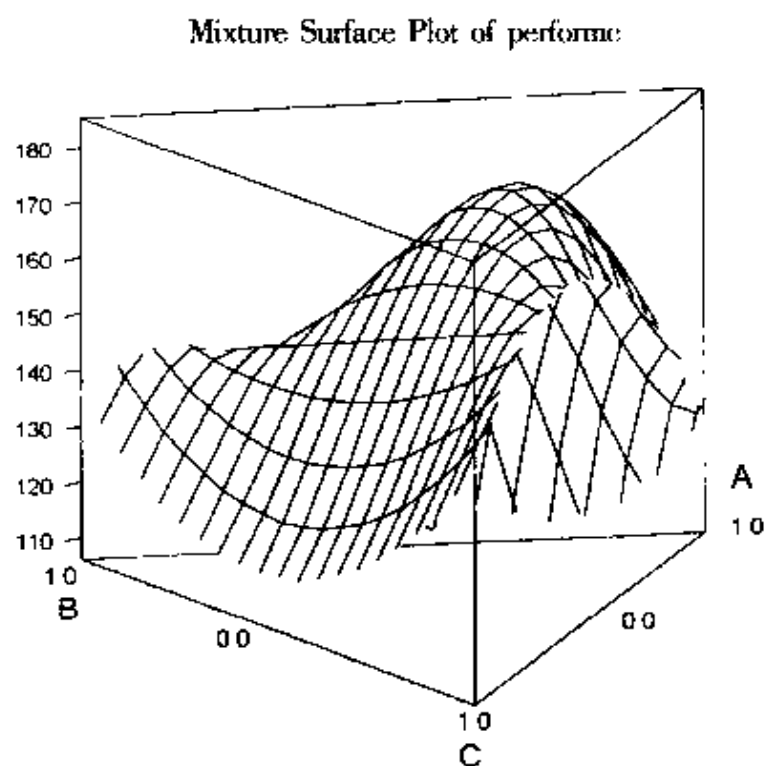
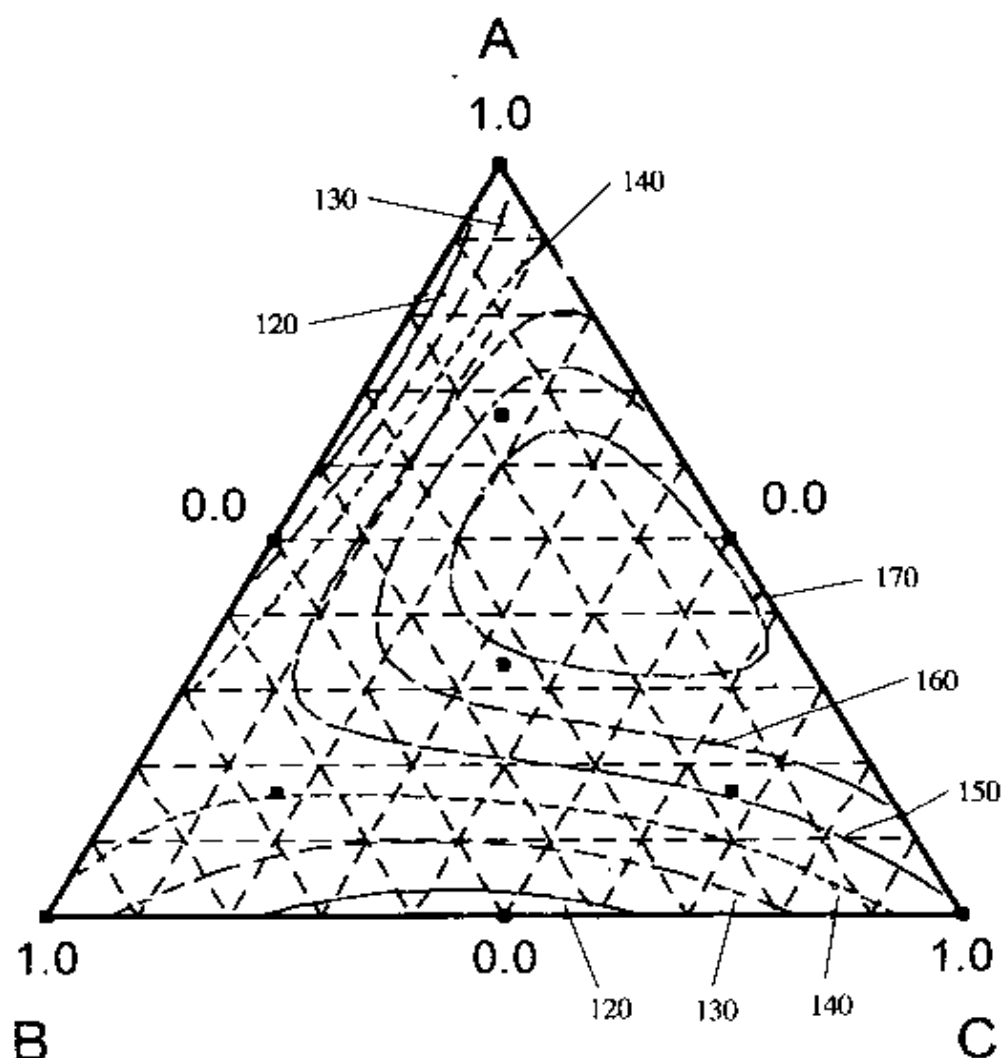


图 4-82

从下图分析可知，A、B 为零，C 为 1，Perfomnce 最大。

Mixture Contour Plot of performc



4 - 83

(3) 优化设计。

设定目标值为 Maximize, 取 Lower 为 170, 取 Target 为 190, 取 Upper 为空, 进行优化如下:

Response Optimization**Parameters**

Import	Goal	Lower	Target	Upper	Weight
performce	Maximum	170	190	190	1

Global Solution**Components**

$$A = 0$$

$$B = 0$$

$$C = 1$$

Predicted Responses

$$\text{performce} = 175.464, \text{ desirability} = 0.27319$$

$$\text{Composite Desirability} = 0.27319$$

Response Optimization

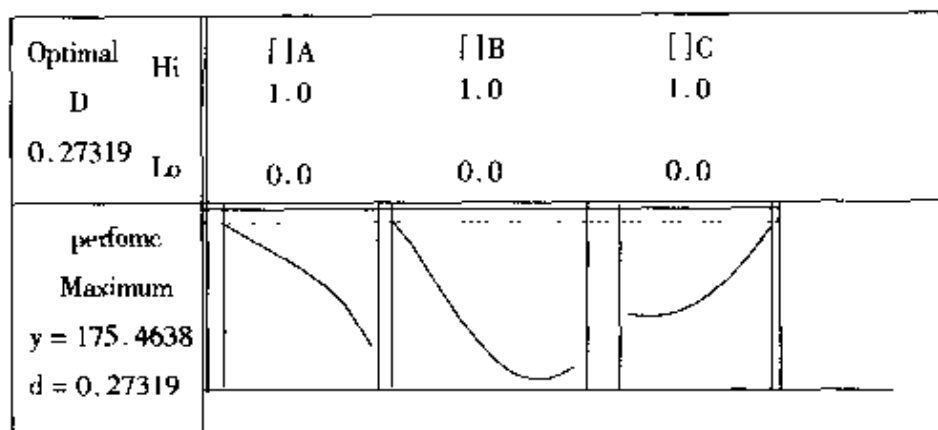


图 4-84

从以上可知，A、B 为零，C 为 1 时，Performnce 最大，其值为 175.464。

⑤ 田口试验设计

田口试验设计是使噪声因子减到最小的优化设计方案。它有 2 水平设计、3 水平设计、4 水平设计、5 水平设计和混合水平设计等方法。

1. 3 水平田口试验设计

3 水平田口试验设计可进行 2 到 13 个因子的试验设计。

例 35：某过程受 A、B、C 三个因子各三个水平的影响，其输出为 Y1，Y2，项目组进行了一次田口静态试验设计，其试验结果如表 4-45 所示：

表 4-45

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A	B	C	Y1	Y2		SNRA1	SIDE1	MEAN1
1	1	1	45	23		29.2369	15.5563	34.0
1	2	2	56	14		25.6696	29.6985	35.0
1	3	3	78	37		33.4929	28.9914	57.5
2	1	2	34	78		32.8844	31.1127	56.0
2	2	3	12	47		24.3197	24.7487	29.5
2	3	1	89	56		36.5256	23.3345	72.5
3	1	3	58	43		33.7774	10.6066	50.5
3	2	1	79	89		38.4394	7.0711	84.0
3	3	2	70	36		33.1172	24.0416	53.0

试用 MINITAB 分析各因子的影响。

(1) 从 DOE - Taguchi 入口进行分析。

Taguchi Design

Taguchi Orthogonal Array Design

L9 (3 * * 3)

Factors: 3

Runs: 9

Columns of L9 (3 * * 4) Array

1 2 3

Main Effects for S/N Ratios: Y1 – Y2

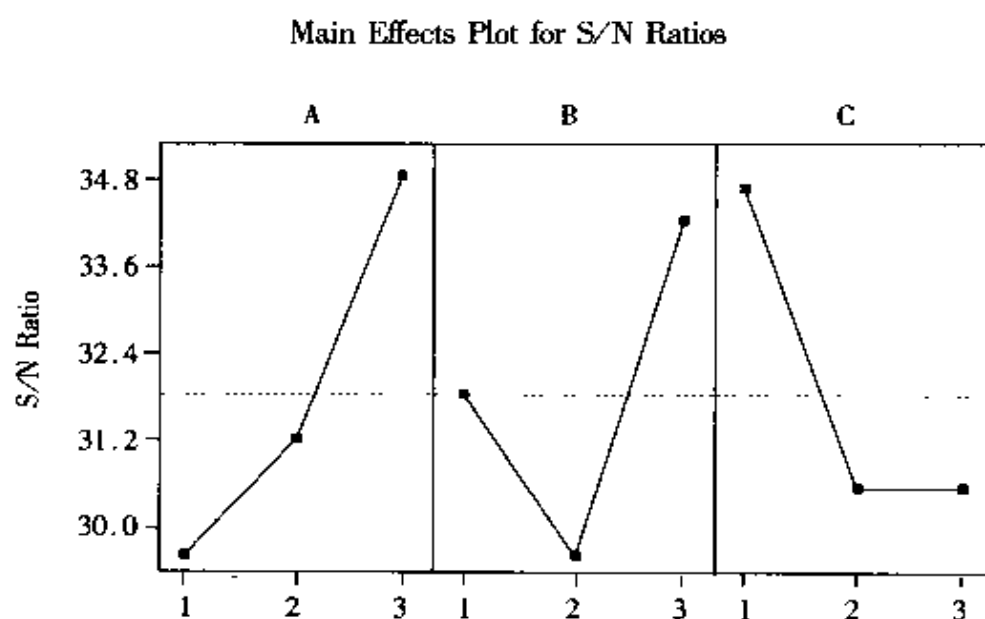


图 4-85

Main Effects for Means: Y1 – Y2

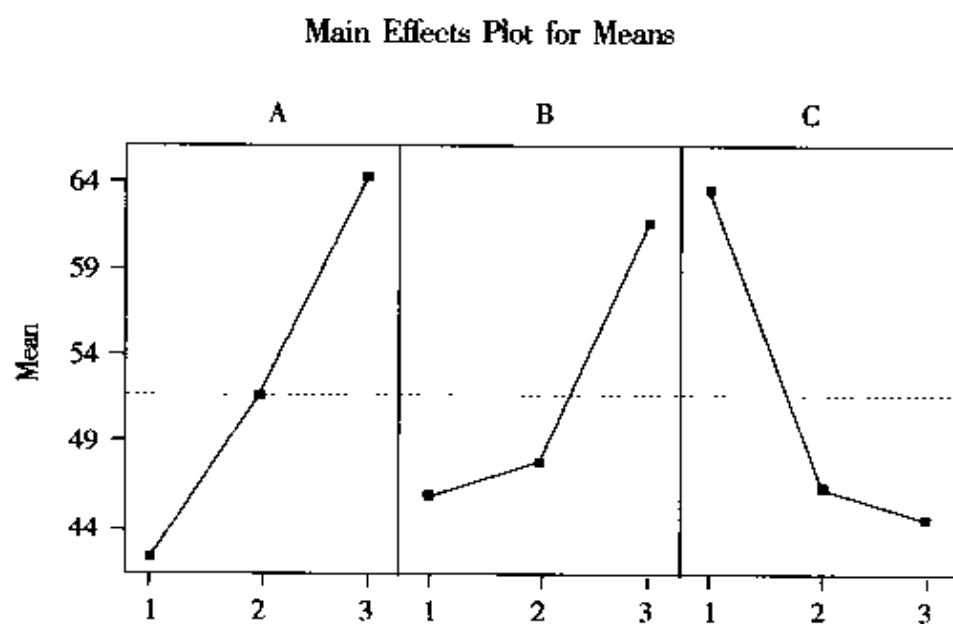


图 4-86

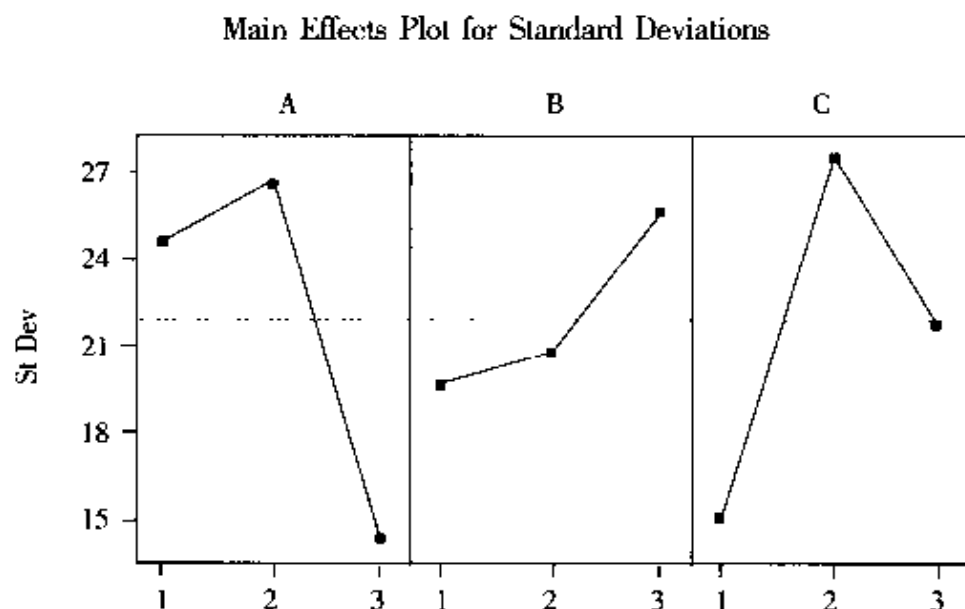
Main Effects for StDevs: Y1 - Y2

图 4-87

Response Table for Signal to Noise Ratios**Larger is better**

Level	A	B	C
1	29.4665	31.9662	34.7339
2	31.2432	29.4762	30.5571
3	35.1113	34.3785	30.5300
Delta	5.6449	4.9023	4.2040
Rank	1	2	3

从上望大值分析可知，A 因子影响最大，B 因子影响次

之，C 因子影响最小。

Response Table for Means

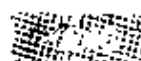
Level	A	B	C
1	42.1667	46.8333	63.5000
2	52.6667	49.5000	48.0000
3	62.5000	61.0000	45.8333
Delta	20.3333	14.1667	17.6667
Rank	1	3	2

从平均值上分析可知，A 因子影响最大，C 因子影响次之，B 因子影响最小。

Response Table for Standard Deviations

Level	A	B	C
1	24.7487	19.0919	15.3206
2	26.3987	20.5061	28.2843
3	13.9064	25.4558	21.4489
Delta	12.4922	6.3640	12.9636
Rank	2	3	1

从标准偏差上分析可知，C 因子影响最大，A 因子影响次之，B 因子影响最小。



2. 混合水平试验设计

混合水平试验设计可进行不同水平的试验设计。

例 36: 某过程受 A、B、C、D 四个因子和一个噪声因子的影响, A 因子四个水平, B、C、D 因子各两个水平, 噪声因子有五个水平, 其输出为 Y1, Y2, 项目组进行了一次田口动态试验设计, 其试验结果如表 4-46 所示:

表 4-46

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A	B	C	D	Signal	Y1	Y2
3	2	1	2	5	37	89
3	2	1	2	1	47	47
3	2	1	2	2	47	58
3	2	1	2	3	49	57
3	2	1	2	4	58	35
3	2	1	2	5	29	47
4	1	2	2	1	28	58
4	1	2	2	2	34	46
4	1	2	2	3	18	58
4	1	2	2	4	47	36
4	1	2	2	5	39	47
4	1	2	2	1	28	27
4	1	2	2	2	26	12
4	1	2	2	3	43	25
4	1	2	2	4	28	37
4	1	2	2	5	84	48



(续表)

4	1	2	2	1	74	49
4	1	2	2	2	76	56
4	1	2	2	3	58	78
4	1	2	2	4	48	38
4	1	2	2	5	67	37
4	1	2	2	1	36	48

试用 MINITAB 进行分析。

(1) 从 DOE - Taguchi 入口进行分析。

Taguchi Design

Taguchi Orthogonal Array Design

L16(4 * * 1 2 * * 3)

Factors: 4

Runs: 16

Signal: Signal

Columns of L16(4 * * 1 2 * * 12) Array

1 2 3 4

Executing from file: C: \ Program Files \ MTBWIN \ MACROS
 \ ROBUST.MAC

* * Note * * No interaction plots will be drawn due to
 confounding.

Main Effects for S/N Ratios: $y_1 - y_2$

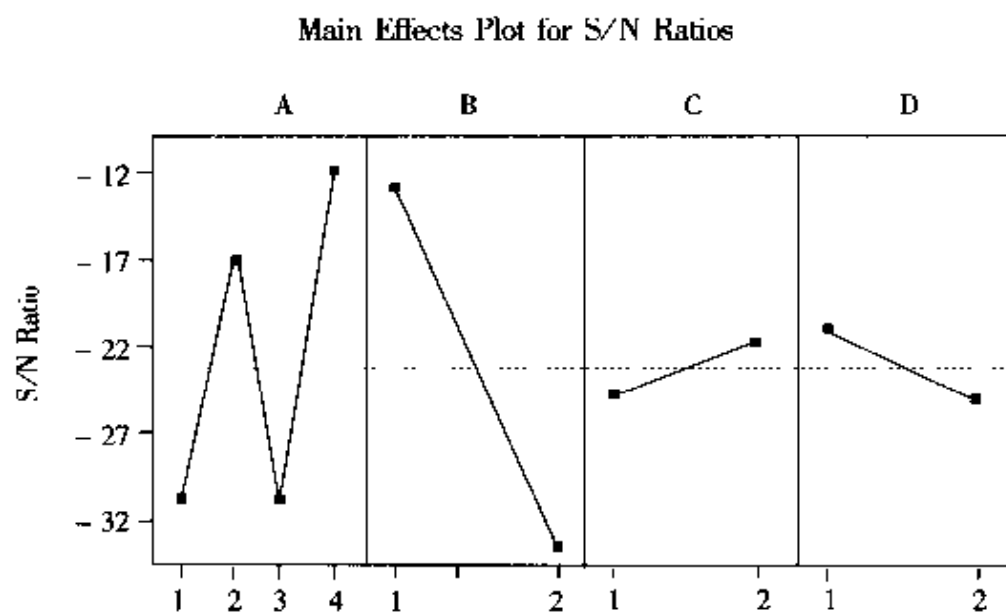


图 4-88

Main Effects for Slopes: $y_1 - y_2$

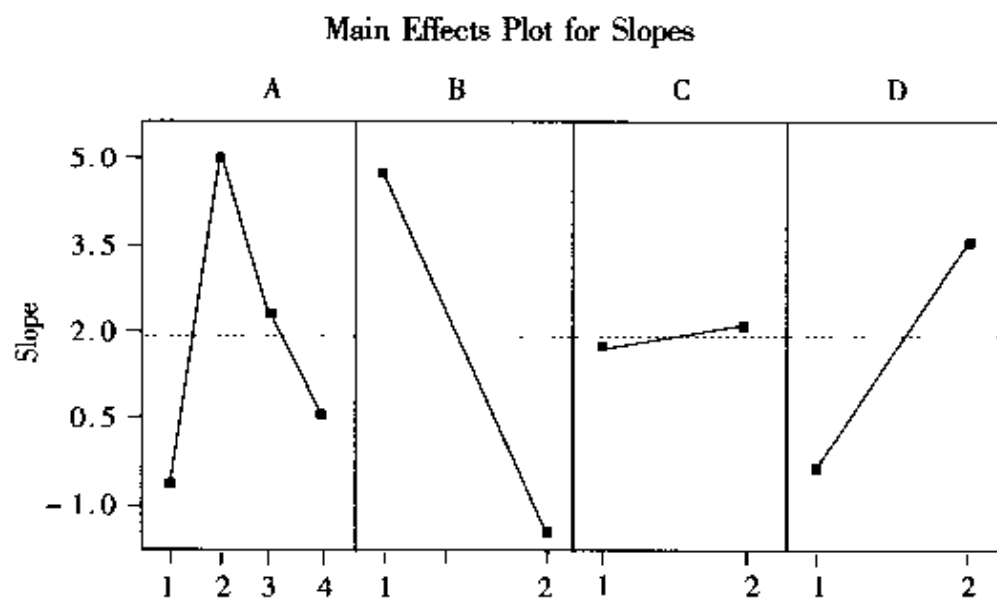


图 4-89

Response Table for Signal to Noise Ratios

Dynamic Response

Level	A	B	C	D
1	-31.1884	-13.3433	-24.0985	-20.7134
2	-16.9777	-32.1670	-21.4118	-24.7968
3	-30.6776			
4	-12.1768			
Delta	19.0116	18.8237	2.6867	4.08348
Rank	1	2	4	3

从以上分析可知，A 因子影响最大，B、D 因子影响次之，C 因子影响最小。

Response Table for Slopes

Level	A	B	C	D
1	-0.6375	4.9250	1.80625	-0.0875
2	5.3250	-1.1125	2.00625	3.9000
3	2.3125			
4	0.6250			
Delta	5.9625	6.0375	0.20000	3.9875
Rank	2	1	4	3

从上面 Slopes 分析可知，B 因子影响最大，A、D 因子影响次之，C 因子影响最小。



Response Table for Standard Deviations

Level	A	B	C	D
1	21.7946	17.7073	18.1884	19.2721
2	20.4357	19.5659	19.0848	18.0011
3	16.3556			
4	15.9605			
Delta	5.8340	1.8586	0.8963	1.2709
Rank	1	2	4	3

从上标准偏差分析可知，A 因子影响最大，B、D 因子影响次之，C 因子影响最小。

(2) 预测的最优值。

利用 MINITAB 分析的最好水平 S/N 比水平 A4、B1、C2、D1 预测最优水平。

Predicted values

S/N Ratio	StDev	Log(StDev)
-6.83280	29.9844	3.40057

Factor levels for predictions

A	B	C	D
1	1	1	1

从上可知，预测的最优水平为 A1、B1、C1、D1。

第五节 什么是 6Sigma 控制 (C)

所谓 C (Control) 即控制。通过改进阶段的实施, 试验结果得到了优化, 改善已进入实质性阶段。如何保持改善的已有成果, 如何维持过程能力的稳定, 这是控制阶段需要着力解决的问题。

● 正确区分技术问题和控制问题

在 6Sigma 改进项目中, 要正确区分技术问题和控制问题。如果是技术问题, 要在技术方面去寻找解决方案; 如果是控制问题, 要在过程管理方面寻求突破口。下图是技术问题和控制问题区分图。

$$Z_{\text{shift}} = Z_{\text{ST}} - Z_{\text{LT}}$$

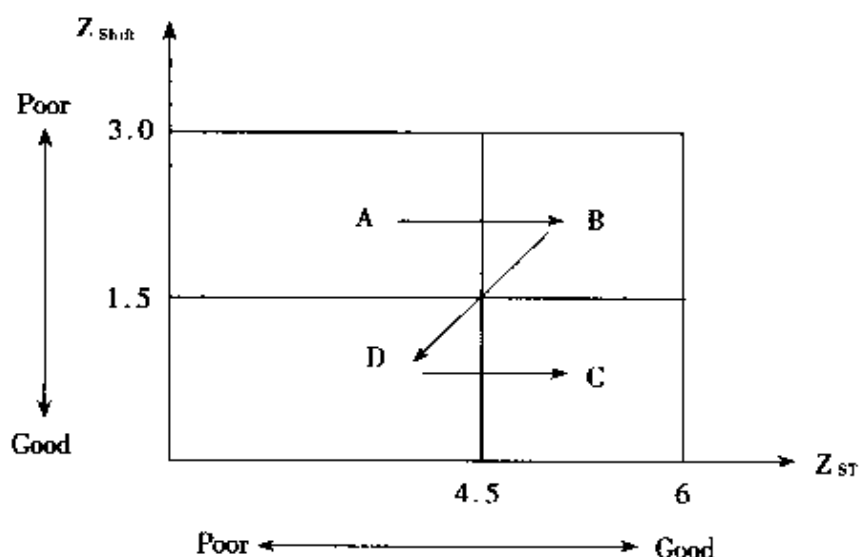


图 4-90

如果项目问题落在 A 区间, $Z_{\text{shift}} > 1.5$, $Z_{\text{ST}} < 4.5$, 则既有技术问题, 又有控制问题。首先要解决技术问题, 提高短期过程能力, 再去解决控制问题, 进行过程对中处理。

如果项目问题落在 B 区间, $Z_{\text{shift}} > 1.5$, $Z_{\text{ST}} > 4.5$, 则技术尚可, 但控制有问题, 因此要解决控制中存在的问题, 加强过程控制, 提高过程能力。

如果项目问题落在 C 区间, $Z_{\text{shift}} < 1.5$, $Z_{\text{ST}} > 4.5$, 则技术也满足要求, 过程控制也可以, 但要加强过程控制, 防止过程控制出现偏差和失误。在这种情况下, 一定要确保 5M1E 工作落实到位, 标准化工作要做扎实, 不断优化工艺过程, 使过程长期受控。

如果项目问题落在 D 区间, $Z_{\text{shift}} < 1.5$, $Z_{\text{ST}} < 4.5$, 则明显的是技术问题, 优先进行技术和设备改造, 提高过程的固有能力和, 再进行过程的控制。

从上图可以看出, 问题的解决路径可由 $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow C$ 。首先解决技术问题, 然后解决控制问题。在良好的技术设备条件下, 使过程长期受控制。

●正确区分过程是否受控

控制图是由美国的休哈特在 1924 年首先提出来的, 他认为在一切制造过程中所呈现出的波动有两个分量。第一个分量是过程内部引起的稳定分量 (即偶然波动), 第二个分量是可查明原因的间断波动 (异常波动)。异常波动可用有效方法加以发现, 并可被剔去, 但偶然波动不会消失, 除非改变基本过程, 休哈特建议用界限来管理过程。休哈特认为基于 3σ 限的控制图可以把偶然波动和异常波动区分开来。如图 4-91 所示:

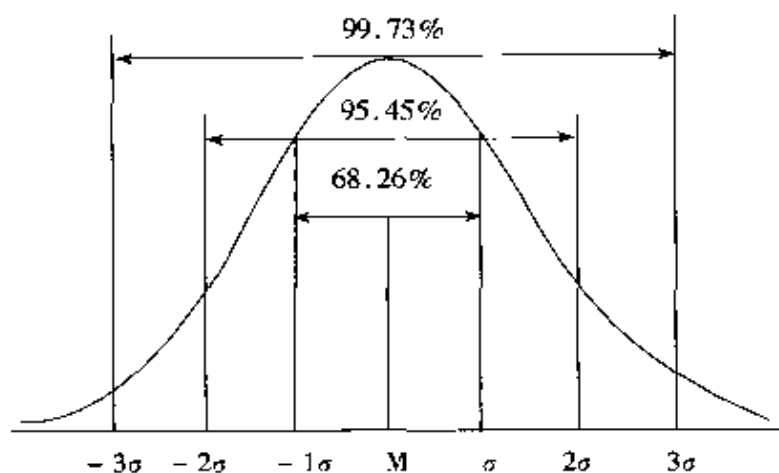


图 4-91

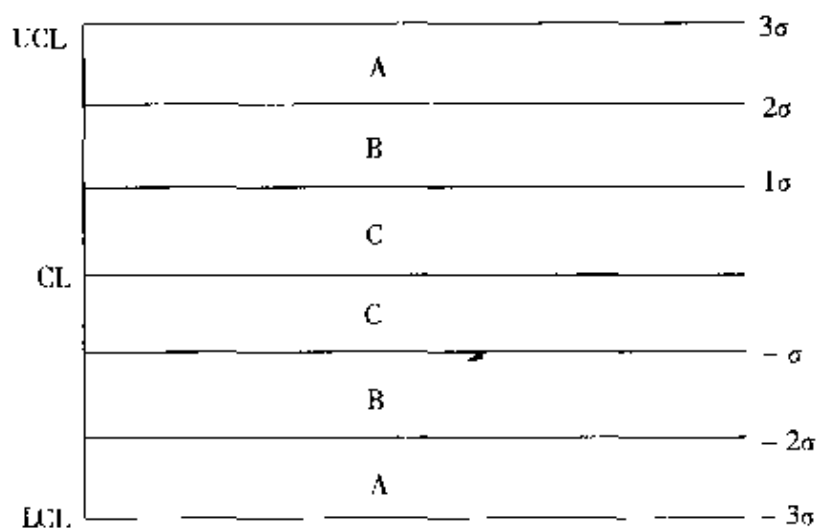
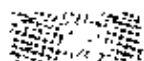


图 4-92

从图 4-92 可知：CL 为控制图的中心线，UCL 为上控制界限，LCL 为下控制界限。SPC 通过以上三条线把过程变异的偶然原因（固有变异）和特殊原因（可查明的变异）区分开来。



1. 四种状态

SPC 分析控制图，过程状态有四种情况。如图 4-93 所示：

		统计状态	
		Yes	No
技术状态	Yes	I	II
	No	III	IV

图 4-93

统计控制状态，是过程只存在偶然原因（固有原因）并由其所引起过程波动的状态，又叫受控状态。

技术控制状态，是过程波动只在规格内波动，过程能力指数满足技术要求的状态。

如果过程处于第 I 种状态，统计控制状态满足要求，技术控制状态也满足要求，这是我们时刻追求的控制目标，是理想的过程状态。

如果过程处于第 II 种状态，统计控制状态不满足要求，但技术控制状态满足要求。在这种情况下，要查找过程发生变异的特殊原因，使过程处于受控状态。

如果过程处于第 III 种状态，统计控制状态满足要求，但技术控制状态不满足要求。在这种情况下，要分析过程能力较低的原因，使过程能力得到提高。

如果过程处于第 IV 种状态，统计控制状态不满足要求，技

术控制状态也不满足要求。在这种情况下，首先要使技术控制状态达到要求，提高过程的固有技术能力。再将统计控制状态进行调整，使过程受控，即清除引起过程波动的特殊原因。

2. 判断过程是否受控的原则

SPC 控制图能够判断过程是否处于统计控制状态。对于引起过程波动的特殊原因的变异都可以通过以下 8 种原则分析出来。

- ①任何 1 点超出 3σ 控制界限；
- ②连续 9 点出现中心线的一侧；
- ③连续 6 点上升或下降；
- ④连续 14 点交替上升或下降；
- ⑤连续 3 个点中中心线一侧有 2 点超过 2σ 线；
- ⑥连续 5 个点中中心线一侧有 4 点超出 1σ 线；
- ⑦连续 15 点分布在 1σ 线内；
- ⑧连续 8 点落在中心线两侧没有一个在 1σ 线内。

㊟控制图的选用原则

我们常见的是两类数据的控制图：一类计量型数据的控制图，另一类是计数型数据的控制图，至于特殊类型的控制图是上述两类控制图的补充。下图是计量和计数型控制图的选择流程。如图 4-94 所示：

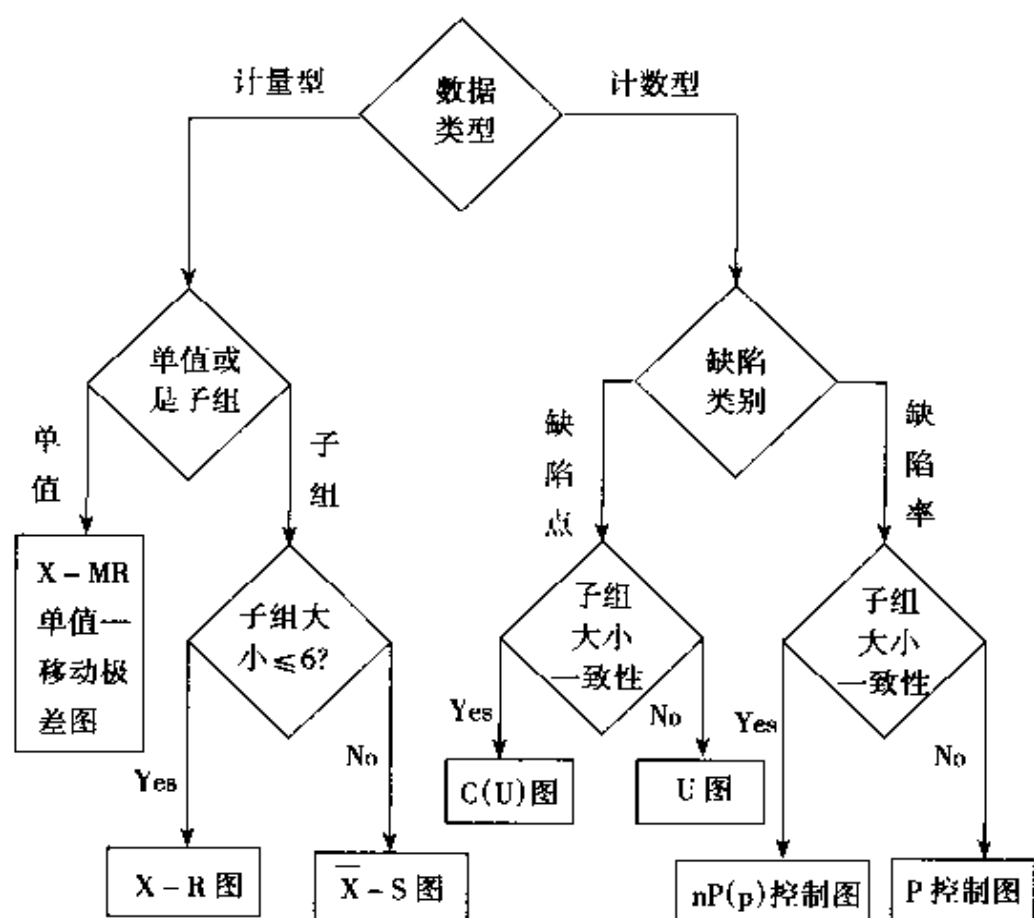


图 4-94

1. 计量型控制图

常用计量型控制图，如表 4-47 所示：

表 4-47

计量型控制图	控制界限	备注
X - R Chart (均值—极差控制图)	$\begin{aligned} \text{X 图} \begin{cases} \text{UCL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\ \text{CL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \\ \text{LCL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \end{cases} \\ \text{R 图} \begin{cases} \text{UCL}_R = D_4 \bar{R} \\ \text{CL}_R = \bar{R} \\ \text{LCL}_R = D_3 \bar{R} \end{cases} \end{aligned}$	A_2 为常数, $\bar{R}$ 为极差的平均值。 D_3、D_4 为常数, $\bar{R}$ 为极差的平均值。
$\bar{X}$ - S Chart (均值—标准差控制图)	$\begin{aligned} \text{X 图} \begin{cases} \text{UCL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} \\ \text{CL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \\ \text{LCL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} \end{cases} \\ \text{S 图} \begin{cases} \text{UCL}_S = B_4 \bar{S} \\ \text{CL}_S = \bar{S} \\ \text{LCL}_S = B_3 \bar{S} \end{cases} \end{aligned}$	A_3 为常数, $\bar{S}$ 为标准差的平均值。 B_3、B_4 为常数, $\bar{S}$ 为标准差的平均值。
Me - R Chart (中位数—极差控制图)	$\begin{aligned} \text{Me 图} \begin{cases} \text{UCL}_{\text{Me}} = \bar{\bar{M}}_c + A_4 \bar{R} \\ \text{CL}_{\text{Me}} = \bar{\bar{M}}_c \\ \text{LCL}_{\text{Me}} = \bar{\bar{M}}_c - A_4 \bar{R} \end{cases} \\ \text{R 图} \begin{cases} \text{UCL}_R = D_4 \bar{R} \\ \text{CL}_R = \bar{R} \\ \text{LCL}_R = D_3 \bar{R} \end{cases} \end{aligned}$	A_4 为常数, $\bar{R}$ 为极差的平均值。 D_3、D_4 为常数, $\bar{R}$ 为极差的平均值。
X - MR Chart (单值移动极差控制图)	$\begin{aligned} \text{X 图} \begin{cases} \text{UCL}_X = \bar{X} + E_2 \bar{R} \\ \text{CL}_X = \bar{X} \\ \text{LCL}_X = \bar{X} - E_2 \bar{R} \end{cases} \\ \text{MR 图} \begin{cases} \text{UCL}_{\text{MR}} = D_4 \bar{R} \\ \text{CL}_{\text{MR}} = \bar{R} \\ \text{LCL}_{\text{MR}} = D_3 \bar{R} \end{cases} \end{aligned}$	E_2 为常数, $\bar{R}$ 为极差的平均值。 D_3、D_4 为常数, $\bar{R}$ 为极差的平均值。



2. 计数型控制图

常用的计数型控制图如表 4-48 所示:

表 4-48

计数控制图	控制界限	备 注
P-Chart (缺陷率控制图)	$P \text{ 图 } \begin{cases} UCL = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} \\ CL = \bar{P} \\ LCL = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} \end{cases}$	n 可以不固定。
np-Chart (缺陷数控制图)	$np \text{ 图 } \begin{cases} UCL = n\bar{P} + 3\sqrt{n\bar{P}(1-\bar{P})} \\ CL = n\bar{P} \\ LCL = n\bar{P} - 3\sqrt{n\bar{P}(1-\bar{P})} \end{cases}$	n 必须固定, 缺陷数服从二项分布。
U-Chart (单位缺陷数控制图)	$U \text{ 图 } \begin{cases} UCL = \bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}} \\ CL = \bar{U} \\ LCL = \bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{n}} \end{cases}$	n 必须固定。
C-Chart (缺陷数控制图)	$C \text{ 图 } \begin{cases} UCL = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} \\ CL = \bar{C} \\ LCL = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} \end{cases}$	n 可以不固定, 缺陷数服从泊松分布。

3. 特殊控制图

特殊控制图有累积和控制图（CUSUM）和指数加权滑动平均控制图（EWMA）两类。累积和控制图，可以检测每个样本与目标值的累积偏差的状况，而指数加权滑动平均控制图可以发现均值相对于目标值的偏移，两种控制图都是计量型控制图分析的进一步深化，适合于现场动态控制过程。

④ 控制图的应用

我们结合具体实例来分析应用控制图。

1. 均值极差控制图

均值极差控制图（ $\bar{X}-R$ ）是计量值数据应用较多的控制图。

例 37：某项目组为控制某机械加工过程，每间隔 1 小时收集一组数据（ $n=5$ ），已知产品的加工规格为 10 ± 1 ，收集的 25 组数据如下表 4-49 所示：

表 4-49

C1	C2	C3	C4	C5
A	B	C	D	E
9.0	10.0	10.0	9.0	11.0
9.5	10.5	11.0	11.0	10.5
10.0	11.0	9.0	9.5	9.0
10.5	9.0	9.5	10.5	9.5

(续表)

11.0	9.5	11.0	9.0	10.5
9.0	10.5	10.5	10.5	10.5
9.5	11.0	9.0	9.0	11.0
11.0	9.0	10.0	10.5	9.0
10.5	9.5	10.5	11.0	9.5
9.0	11.0	10.0	10.5	9.5
10.0	10.5	11.0	11.0	11.0
10.5	9.0	9.0	9.0	10.5
10.0	10.0	9.5	11.0	10.5
11.0	10.0	11.0	10.5	11.0
9.0	11.0	10.5	9.0	9.0
9.5	9.0	9.0	10.0	9.5
9.5	9.5	10.5	10.5	11.0
11.0	9.5	9.0	10.0	10.5
10.5	11.0	10.0	9.0	9.0
9.0	10.5	10.5	9.5	11.0
10.0	9.0	10.0	11.0	10.5

试用 MINITAB 作 $\bar{X}-R$ 控制图。

(1) 从 MINITAB 控制图入口进行分析。

从下图可知, $\bar{X}$ 的控制限为:

$$UCL_{\bar{X}} = 10.94$$

$$CL_{\bar{X}} = 10.02$$

$$LCL_{\bar{X}} = 9.093$$

从下图可知, R 的控制限为:



$$UCL_R = 10.94$$

$$CL_R = 10.02$$

$$LCL_R = 9.093$$

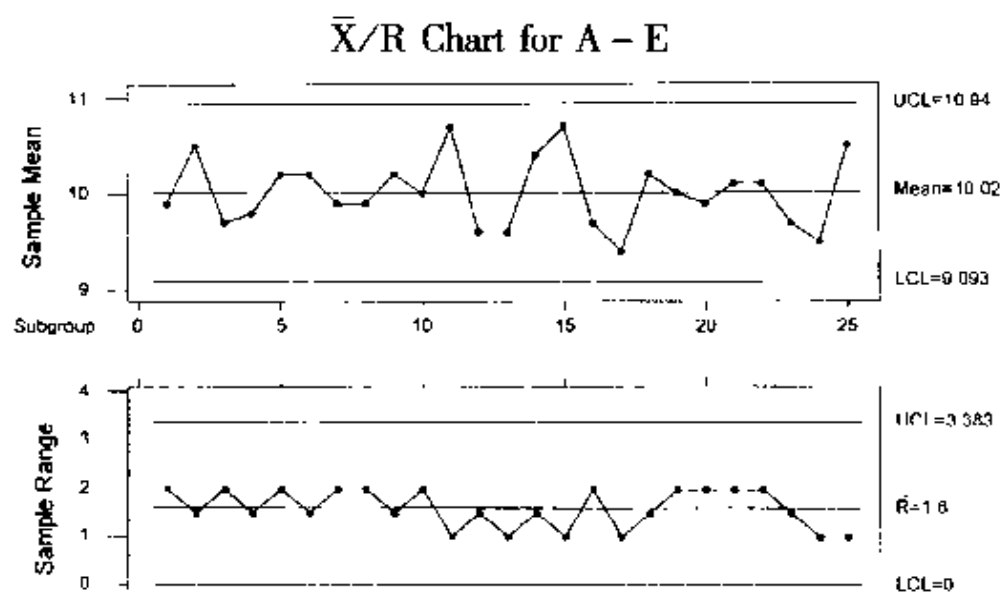


图 4 - 95

2. 缺陷率控制图

缺陷率控制图(P - chart)是计数值数据应用较多的控制图。

例 38: 某项目组为控制某生产线的质量过程, 每间隔一段时间收集一组不良品数据, 每次抽样 150 个($n = 150$), 收集的 30 组数据如表 4 - 50 所示:

表 4 - 50

↓	C1	↓	C1
	defctives		defctives
8	12	20	8
9	4	21	3

(续表)

10	5	22	4
11	6	23	9
12	7	24	12
13	8	25	14
14	9	26	16
15	11	27	11
16	10	28	2
17	1	29	4
18	4	30	6
19	6		

试用 MINITAB 作 P 控制图。

(1)从 MINITAB 控制图入口:

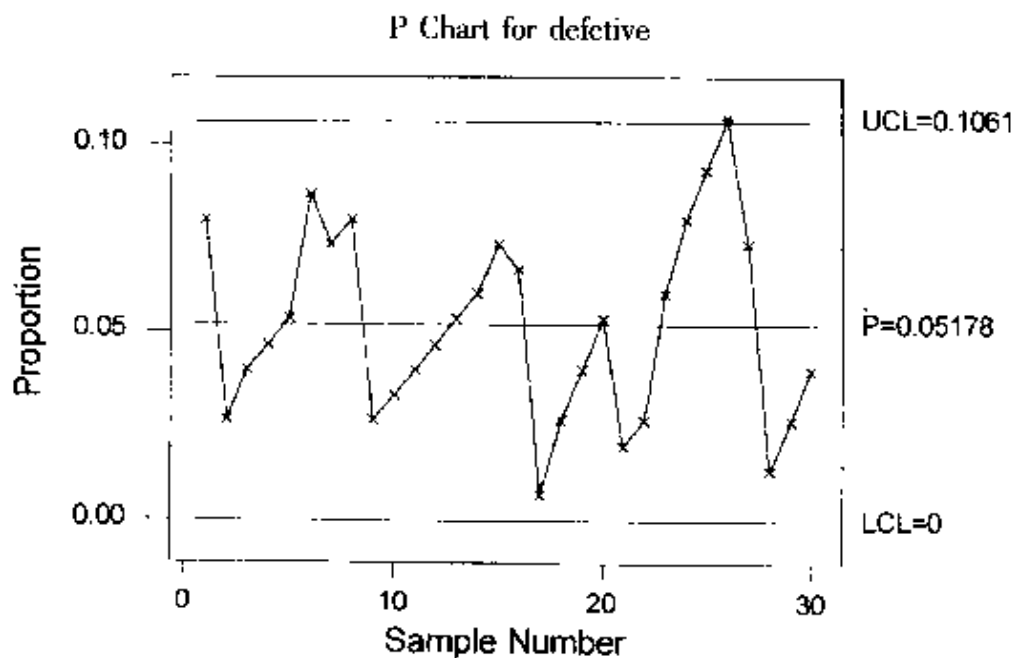


图 4-96



从上图可知, P 的控制限为:

$$UCL_P = 0.1061$$

$$CL_P = 0.05178$$

$$LCL_P = 0$$

从上面的 P 控制图可知, 有一点超出了控制限, 故该点为异常点。因此, 要分析点超出控制限的异常原因, 并采取改善措施。

⑤ 项目报告及标准化工作

一个 6Sigma 项目组, 通过 DMAIC 五个阶段的实际运作, 对 6Sigma 项目管理工作有一个初步的认识, 知道每一步的输入是什么, 输出是什么, 项目要达到什么样的目标。在项目完成后, 一定要做好如下两个方面的工作:

1. 项目报告

6Sigma 项目报告反映项目组工作的实际情况和所取得的财务收益, 并将其作为评估项目组的重要依据之一。因此, 6Sigma 项目组在项目接近尾声之前要做好项目报告。

2. 标准化工作

一个 6Sigma 项目完成以后, 要总结经验, 加强过程的控制工作。过程是动态的, 变异是无处不在的。要保持 6Sigma 项目所取得的成果, 需做好 6Sigma 管理的标准化工作。

第五章

如何进行 6Sigma 管理

- ◆ 如何进行 6Sigma 推行效果评估
- ◆ 如何进行 6Sigma 日常管理

第一节 如何进行 6Sigma 推行效果评估

●6Sigma 经营层培训评估表

- (1) 对顾问师的培训技巧评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (2) 对 6Sigma 管理的认知度评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (3) 对公司战略和 6Sigma 战略的结合度评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (4) 对公司业务流程与 6Sigma 改善流程的认同度评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (5) 对公司资源对 6Sigma 项目的支持力度评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (6) 对公司组织架构与 6Sigma 组织架构适应度评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (7) 对管理层领导力适宜度评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (8) 对 6Sigma 项目团队的了解度评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (9) 对平衡记分卡和组织绩效评价
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- (10) 对公司发展远景与 6Sigma 管理相关度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(11) 对 6Sigma 经营层培训的心得和体会:

(12) 培训建议:

● 6Sigma GB/BB 培训评估表

(1) 对顾问师的培训技巧评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(2) 对 6Sigma 管理的认知度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(3) 对 6Sigma 项目选择的结果评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(4) 对 6Sigma 流程优化的效果评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(5) 对统计技术熟悉程度的评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(6) 对实验设计理解程度的评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(7) 对 SPC 控制技术了解程度的评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(8) 对 6Sigma 文化变革的了解程度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(9) 对 6Sigma 项目管理的成熟度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(10) 对 6Sigma 设计的熟知程度评价 (GB 不要求作答)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(11) 对 6Sigma 黑带培训的感想及心得体会:

(12) 培训建议:

6Sigma 基层员工培训评估表

(1) 对顾问师培训技巧的评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(2) 对 6Sigma 理解度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(3) 对 6Sigma 倡导者理解度的评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(4) 对 6Sigma 黑带 (BB) 的理解度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(5) 对 6Sigma 绿带 (GB) 的理解度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(6) 对 6Sigma 改善模型 DMAIC 了解度的评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(7) 对 QC 七工具的理解度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(8) 对 1Sigma、2Sigma、3Sigma、4Sigma、5Sigma 及标准偏差 (σ) 的理解度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(9) 对西格玛水平与劣质成本的理解度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(10) 对技术问题和管理问题的理解度评价

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(11) 对 6Sigma 基层培训的心得和体会:

(12) 培训建议:



④ 6Sigma 管理效果评估表

1. 企业文化变革评估方法

(1) 企业文化变革评估的理论基础。

$$Q * A = E$$

$$\text{Quality} \times \text{Acceptance} = \text{Excellence}$$

(2) 评价项目。

表 5-1

Q		A	
1	过程管理体系质量	1	对六西格玛的需求程度
2	六西格玛培训质量	2	形成共同的六西格玛愿景
3	六西格玛咨询质量	3	推行六西格玛所遇到的沟通问题及阻力
4	项目管理水平	4	系统及组织机构的改变对六西格玛推行的影响
5	六西格玛组织架构	5	对六西格玛的认知程度
		6	六西格玛管理中心领导的作用

(3) 评分方法。

每个子项目的得分都是 0~5 分。5 分最好，0 分最差。把评分乘以 2，然后加总，求 Q、A 的平均得分，QA 的乘积就是 E 的得分，其评价方法如表 5-2 所示：

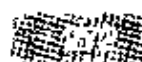


表 5-2

Q * A = E	评价结论
0 ~ 20	对六西格玛只是浪费金钱。
21 ~ 40	通过推行六西格玛取得战术上成效，六西格玛的推行缺乏主动性，基本未被接受。
41 ~ 60	通过推行六西格玛取得重要的战术性成效，但六西格玛关注点只是集中在做项目上。
61 ~ 80	企业文化开始转变，但仍需花费很多时间和努力。
81 ~ 100	企业已成功转型为六西格玛组织，达到世界级企业水平。

2. 六西格玛积分卡评估

表 5-3 六西格玛积分卡评估表

战略方向		业绩评价标准				
战略和目标	本年度创意	核心项目	策略	六西格玛 培 训 前 评价指标	六西格 玛导入 半年	六西格玛 导入一年 评价结果
			财务收益	投资回报率		
				项目净收益		
			客户满意度	客户投诉次数		
				客户返还率		
				外部损失成本		
				市场占有率		
				客户满意度评价指数		

(续表)

			内部过程能力	六西格玛水平		
				百万机会的缺陷数		
				劣质成本		
				生产效率		
				RTY		
				有附加值流程比率		
			学习与成长	黑带培育人数		
				绿带培育人数		
				基层员工培育人数		
				倡导者培育人数		
				管理层培育人数		
				黑带注册率		
				绿带注册率		
				基层员工改善提案数		
				黑带项目数		
				绿带项目数		
综合评估结论:						

3. 六西格玛黑带绿带评估

表 5-4 黑带和绿带人员认证条件要求

黑带条件要求	绿带条件要求
(1)全程参加所有黑带课程培训	(1)全程参加所有绿带课程培训
(2)通过黑带基本知识的理论考试	(2)通过绿带基本知识的理论考试

(续表)

(3)主持项目,并用六西格玛思路方法解决问题	(3)参与或主持六西格玛项目,并用六西格玛思路、方法解决问题
(4)在项目活动中或实际工作中独立选择应用 MSA、方差分析、假设检验、FMEA、SPC、DOE 等方法	(4)在六西格玛项目或实际工作中独立应用 MSA、方差分析、FMEA、SPC 等工具

表 5-5 绿带评价点

绿带认证评价点	细 则	评分	总分	得分
(1)应用六西格玛理念方法和统计技能,有效解决客户最关心的问题	①选择的项目是否为客户或部门急需解决的问题,并达成项目目标	10	50	
	②是否正确运用六西格玛思路、方法解决问题	20		
	③是否正确、合理运用统计工具和技能推进问题的解决	15		
	④申请资料的完整性和质量	5		
(2)项目财务收益	①×××万元以上	30	30	
	②×××万元	25		
	③×××万元	20		
	④×××万元	15		
	⑤×××万元	10		
(3)团队协作、交流	①人际交流技能与领导力	2	15	
	②六西格玛工具/方法的分享、推广应用	10		
	③项目交流、呈现	3		
(4)专业技能成长		5	5	

表 5-6 黑带评价点

黑带认证评价点	细 则	评分	总分	得分
(1)应用六西格玛理念方法和统计技能,有效解决价值链各环节的问题,为企业增值	①选择的项目是否为客户或部门急需解决的问题,并达成项目目标	10	40	
	②是否正确运用六西格玛思路、方法解决问题	10		
	③是否正确、合理运用统计工具和技能推进问题的解决	15		
	④申请资料的完整性和质量	5		
(2)项目财务收益	①××万元以上	30	30	
	②×××万元	25		
	③×××万元	20		
	④×××万元	15		
	⑤×××万元	10		
(3)领导力、团队协作、人际交流技能	①领导力与人际交流、沟通技能	8	20	
	②六西格玛工具/方法的分享、推广应用	8		
	③交流/分享与呈现	4		
(4)专业技能成长		5	10	

第二节 如何进行 6Sigma 日常管理

● × × 公司六西格玛实施管理办法

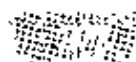
为适应日趋激烈的市场竞争，提升企业在市场中的竞争力，形成具有核心竞争力的企业质量文化，以适应企业变革管理、流程再造和创新发 展，拟在全公司范围内推行六西格玛管理。现就公司六西格玛管理实施办法颁发如下：

1. 愿景与目标

结合公司实际和发展战略意图，建立企业发展远景和目标，实施六西格玛管理，形成六西格玛文化。现就公司的远景目标分解如表 5-7 所示：

表 5-7

远景	近期	实施第一年改进率为 68% 质量成本在现有基础上减半，初步形成六西格玛质量文化
	中期	建立六西格玛组织，每年不少于 10 个改善项目
	长期	建立学习型组织，形成六西格玛管理文化
核心价值		构筑六西格玛文化，打造世界级品牌
目标		我们的目标：六西格玛文化、六西格玛管理、六西格玛品质、六西格玛服务



2. 组织及职责

(1) 组织架构。

六西格玛推行委员会是公司推行六西格玛的最高权力机构，直接向公司董事会负责。其组织结构如图 5-1 所示：

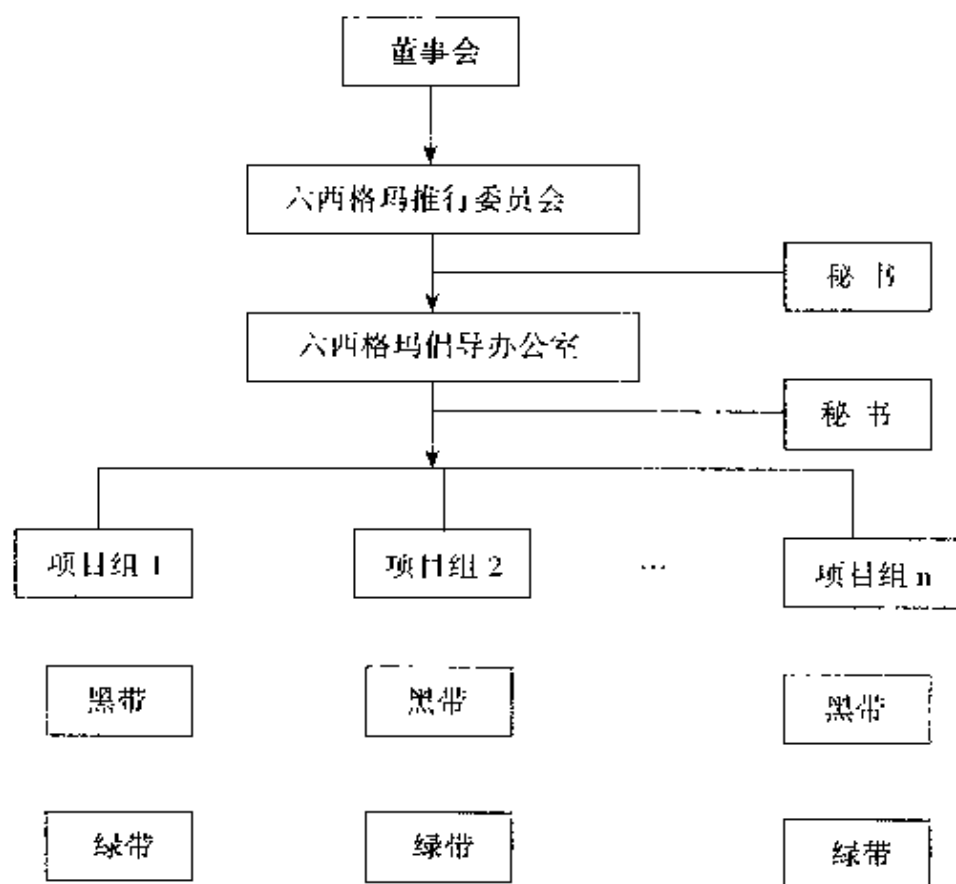
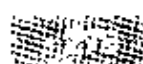


图 5-1

(2) 成员职责。

在六西格玛推行过程中，赋予每个人职责与权力，并承担相应责任与义务。

①六西格玛推行委员会。六西格玛推行委员会主席一般由



总经理或副总经理担任。六西格玛推行委员会由公司高层组成，制定公司的六西格玛推行战略与计划，合理调配资源，减少变革阻力，督导六西格玛项目的按期、按质完成，一般不少于5人，成员可以是各部门经理组成，秘书1人，作好上下沟通协调工作。

②六西格玛倡导办公室。六西格玛倡导办公室主任，一般由厂长或副厂长担任。六西格玛倡导办公室是公司六西格玛推行的常设机构，负责公司六西格玛推行的宣传鼓动工作，检查公司六西格玛管理的执行力度，不定期对先进进行表扬，督促后进，是公司推行六西格玛的喉舌。设文员1人，负责对外联络事宜。

③六西格玛项目组。六西格玛项目组长一般由部门经理或项目经理担任，统筹项目的总体运作，取得预期的财务收益，向推行委员会或倡导办公室负责。

④六西格玛黑带。六西格玛黑带一般由公司核心骨干担任，有工科背景，懂统计技术，沟通能力强。他们负责六西格玛项目的实施，解决工作中的实际问题，积极参与公司文化变革，是公司六西格玛管理的推进力量。他们向项目组长负责，并培训督导绿带的工作。

⑤六西格玛绿带。六西格玛绿带一般由公司的骨干担任，积极参与六西格玛项目，收集数据，执行任务，向黑带或项目组长负责。

3. 六西格玛组织成员任职资格

表 5-8

角色	任职资格
六西格玛推行委员会主席	CEO/GM 或副经理
六西格玛倡导办公室主任	厂长/副厂长或办公室主任
六西格玛项目组长	部门经理/有证黑带
六西格玛黑带	部门经理/项目经理或高级工程师、工程师
六西格玛绿带	工程师/车间及班组骨干或助理工程师、技术员

4. 六西格玛项目管理

(1) 团队工作及项目财务收益。

建立六西格玛项目团队，发扬团队精神，解决企业的重点和难点问题，取得预期的财务收益。项目团队与项目挂钩，每个项目收益不少于 4 万元。

(2) 项目范围及项目选择。

分析企业实际状况（过程能力、DPMO、 C_{PK} ）和底线收益，选择合适的六西格玛项目，并界定项目范围。

(3) 项目计划及项目实施。

根据选择的六西格玛项目进行工作任务了解，制定项目确实可行的项目实施计划，按 DMAIC 模式组织项目团队，如期实施。在工作中遇到问题及时反馈并与上下沟通，使项目如期完成。

(4) 项目收尾及项目评估。

形成六西格玛项目报告，做好项目收尾工作。六西格玛推行委员会组织六西格玛专家参与项目评估，做好标准化工作，

并进入下一个项目循环。

× × 公司黑带、绿带培训及资格管理办法

为规范公司的六西格玛管理运作，加强六西格玛教育培训，形成六西格玛文化。特制定本办法，如与公司现行培训管理有冲突的地方，以本条例为准。

1. 培训管理要求

(1) 指定的人员要完成相应的培训课程和时间，有特殊原因需向六西格玛倡导办公室请假。不得旷课和早退，旷课一次，扣除当月奖金或扣款 500 元，迟到或早退一次，罚款 50 元。

表 5-9

培训人员	培训课程	培训时间
管理层培训人员	六西格玛管理培训	2 天
黑带培训人员	六西格玛黑带培训	20 天
绿带培训人员	六西格玛绿带培训	5 天
基层员工	六西格玛基础培训	1 天

(2) 遵守上课纪律和秩序，不得大声喧哗，将手机调到振动档，保持正常的上课秩序。

(3) 尊重培训老师的劳动成果，与培训师密切配合，积极交流，主动沟通，对六西格玛和统计技术的难点问题与培训老

师共同探讨。

(4) 学以致用，将六西格玛理论与企业具体实际工作相结合，培养解决问题的能力。

(5) 培训效果评价，填写《培训效果评价表》。

2. 认证要求

(1) 黑带认证要求。

①获得六西格玛黑带培训资格。

②能按时完成六西格玛黑带培训课程，完成2个六西格玛黑带项目并报告。

③积极参与公司的六西格玛管理和文化变革，并取得相应的财务收益。

(2) 绿带认证要求。

①获得六西格玛绿带培训资格。

②能按时完成六西格玛绿带培训课程，参与完成1~2个六西格玛黑带/绿带项目。

③积极执行公司的六西格玛项目并做出相应成绩。

3. 认证证书

符合六西格玛黑带/绿带认证要求，经六西格玛专家考核评审和六西格玛推行委员会批准，向六西格玛黑带/绿带颁发证书。

● × × 公司六西格玛考核及项目成果

为规范六西格玛管理运作，调动团队参与六西格玛管理的积极性，建立公司的六西格玛文化，特制定本办法。

1. 六西格玛考核

(1) 六西格玛量化考核细则。

①团队合作精神

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

②项目的难易程度

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

③给企业带来的底线收益

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

④部门之间的边界性

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

⑤给顾客带来的价值能力

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

⑥使企业变革的速度

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

⑦主要工序的过程能力

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

⑧使企业创新的能力

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

⑨形成企业核心竞争力

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

⑩企业品牌知名度

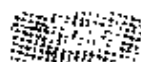
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(2) 六西格玛评价原则。

A 类为优秀：90~100 分

B 类为良好：80~90 分

C 类为较好：70~60 分



D类为一般：50~60分

E类为较差：50分以下

2. 六西格玛项目成果评审发表

(1) 六西格玛成果评审细则。

①项目报告的完整性

1 2 3 4 5

②项目的经济性

1 2 3 4 5

③项目的企业影响力

1 2 3 4 5

④项目的长远意义

1 2 3 4 5

(2) 六西格玛项目评分原则及发表要求。

优秀项目为：20~25分

良好项目为：15~20分

一般项目为：10~15分

较差项目为：10分以下

优秀项目优先在公司发表或向外发表，良好项目在公司内发表，一般项目在公司内发表

3. 项目奖励

项目奖励分组织奖励和个人奖励，一般按项目收益的10%进行奖励，具体项目收益核算请见《××公司项目收益核算管理办法》

(1) 组织奖励。

对已获优秀项目的项目组进行奖励，按项目收益的8%进

行奖励，最高额度为 10 万元。

(2) 个人奖励。

对已获优秀项目的个人进行奖励。对有突出贡献的个人进行升迁、调职、按项目收益的 2% 进行个人奖励，最高额度为 2 万元。

④ × × 公司项目收益核算管理办法

为规范六西格玛管理运作，加强六西格玛的项目管理，特制定本办法。

1. 核算原则

六西格玛项目核算的基本原则是对有形和无形收益两部分的核算，有形收益的核算指标如下：

(1) 净收益核算。

六西格玛项目净现值 (NPV) 核算，即项目净收益，是收益与成本的差值。

(2) 内部投资回报率。

六西格玛项目内部投资回报率的核算。

(3) 质量成本。

六西格玛项目质量成本核算。

2. 核算周期

一般以项目完成后一年内的收益核算。

3. 核算流程

六西格玛项目的核算流程如图 5-2 所示。



4. 核算过程

(1) 项目净现值核算方法。

用 EXCEL 电子表格计算。

(2) 项目内部投资回报率核算方法。

用 EXCEL 的 IRR 函数计算。

(3) 项目质量成本核算方法。

同本公司质量成本核算方法。

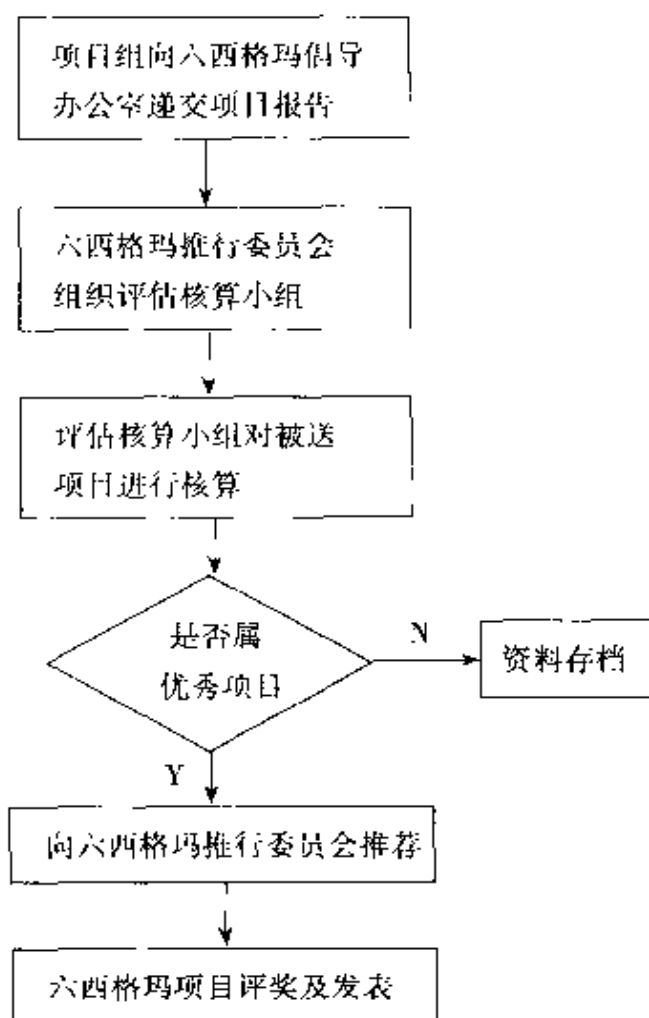
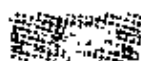


图 5-2



图书在版编目 (CIP) 数据

六西格玛入门/文放怀主编. —广州: 广东经济出版社,
2005.2

(新工厂管理⑦)

ISBN 7-80677-925-6

I. 六… II. 文… III. 企业管理: 质量管理
IV. F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 141897 号

出版 发行	广东经济出版社 (广州市环市东路水荫路 11 号 5 楼)
经销	广东新华发行集团股份有限公司
印刷	湛江日报社印刷厂 (湛江赤坎康宁路 17 号)
开本	889 毫米×1194 毫米 1/32
印张	9.5 2 插页
字数	216 000 字
版次	2005 年 2 月第 1 版
印次	2005 年 2 月第 1 次
印数	1~5 000 册
书号	ISBN 7-80677-925-6/F·1171
定价	本册定价 22.00 元 全套 88.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

发行部地址: 广州市合群一马路 111 号省图批 107 号

电话 (020) 83780718 83790316 邮政编码: 510100

邮购地址 广州市越秀中路 125 号大院八号 邮政编码: 510055

广东经济出版社读者服务有限公司 电话: (020) 83801011 83803689

本社网址: www.sun-book.com

·版权所有 翻印必究·