

六西格玛黑带丛书

5

SIX SIGMA BLACKBELT SERIES

MINITAB

六西格玛解决方案

(下卷)

张 驰 编著

杰克·韦尔奇：“推行六西格玛管理法
是GE有史以来获取发展，增加创新能力和客
户满意的最大机遇。”

广东经济出版社

5

六西格玛黑带丛书

SIX SIGMA BLACKBELT SERIES

F273.2
50:2

MINITAB

六西格玛解决方案

(下卷)

张 驰 编著

中国企业管理培训中心指定教材

广东经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

MINITAB: 六西格玛解决方案: 下卷/张弛编著 一
广州: 广东经济出版社, 2003 9

(六西格玛黑带丛书⑤)

ISBN 7-80677-494-7

I M… II 张· III 质量管理 IV F273 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 055381 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
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	13 2 插页
字数	290 000 字
版次	2003 年 9 月第 1 版
印次	2003 年 9 月第 1 次
印数	~ 10 000 册
书号	ISBN 7-80677-494-7/F·895
定价	(全套上、下卷) 78.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

销售热线: 发行部 020 83794694 83790316 邮政编码: 510100

(发行部地址: 广州市合群一马路 111 号省图批 107 号)

·版权所有 翻印必究·

目
录

CONTENTS

第九章 统计菜单 (Stat Menu) 的操作方法(下) 385

第一节 试验设计 (DOE) / 387

一、试验设计概述 / 387

二、因子试验设计 (Factorial) / 389

三、响应表面设计 (Response Surface Design) / 429

四、混合设计 (Mixture Design) / 456

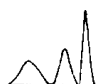
五、田口设计 (Taguchi Design) / 473

第二节 控制图 (Control Charts) / 499

一、控制图概述 / 499

二、计量值数据控制图 (Variable Control Charts) / 499

三、计数值数据控制图 (Attributes Control Charts) / 537



第三节 可靠性工具 (Reliability / Survival Analysis) / 544

一、可靠性分析概述 / 544

二、分布分析概述 / 545

三、分布 ID 图 (Distribution ID Plot— Right Censoring) / 549

四、分布摘要图 (Distribution Overview Plot— Right Cens) / 555

五、参数分布分析 (Parametric Distribution Analysis— Right Censoring) / 559

六、非参数分布分析 (Nonparametric Dist Analysis— Right Censoring) / 566

七、分布 ID 图 (Distribution ID Plot— arbitrarily Cens) / 573

八、分布摘要图 (Distribution Overview Plot— Arbitrary Cens) / 573

九、参数分布分析 (Parameter Distribution Analysis— Arbitrary Cens) / 573

十、非参数分布分析 (Nonparameter Distribution Analysis— Arbitrary Cens) / 573

十一、加速寿命测试 (Accelerated life testing) / 574

十二、用寿命数据进行回归 (Regression with Life Data) / 581

十三、概率分析 (Probit Analysis) / 588

第四节 多变量分析 (Multivariate) / 596

一、多变量分析概述 / 596

二、首要成分分析 (Principal Components) / 597

三、因子分析 (Factor Analysis) / 601

四、判别分析 (Discriminant Analysis) / 605

五、聚类观测 (Cluster Observations)	/ 606
六、聚类变量 (Cluster Variables)	/ 606
七、Cluster K—Means	/ 607
第五节 时间序列 (Time Series)	/ 608
一、时间序列概述	/ 608
二、时间序列图 (Time Series Plot)	/ 609
三、趋势分析 (Trend Analysis)	/ 612
四、分解 (Decomposition)	/ 615
五、移动平均法 (Moving Average)	/ 623
六、单指数平滑法 (Signal Exponential Smoothing)	/ 627
七、双指数平滑法 (Double Exponential Smoothing)	/ 630
八、Winters' 方法 (Winters' Method)	/ 633
九、差异 (Differences)	/ 638
十、滞后 (Lag)	/ 639
十一、自相关 (Autocorrelation)	/ 640
十二、局部自相关 (Partial Autocorrelation)	/ 643
十三、交叉相关 (Cross Correlation)	/ 648
十四、ARIMA	/ 648
第六节 制表 (Tables)	/ 652
一、制表概述	/ 652
二、交叉表 (Cross Tabulation)	/ 656
三、计算 (Tally)	/ 660
四、卡方测试 (Chi—Square Test)	/ 662
五、简单一致性分析 (Simple Correspondence Analysis)	/ 664
六、多重一致性分析 (Multiple Correspondence Analysis)	/ 664
第七节 非参数分析 (Nonparametric)	/ 665

- 一、非参数分析概述 / 665
- 二、1 - Sample Sign / 667
- 三、1 - Sample Wilcoxon / 671
- 四、Mann - Whitney / 673
- 五、Kruskal - Wallis / 676
- 六、Mood's Median Test / 678
- 七、Friedman Test / 681
- 八、Runs Test / 683
- 九、Pairwise Average / 686
- 十、Pairwise Differences / 687
- 十一、Pairwise Slopes / 689
- 第八节 EDA / 691
 - 一、EDA 概述 / 691
 - 二、茎叶图 (Stem and Leaf) / 691
 - 三、箱图 (Boxplot) / 691
 - 四、Letter Value / 694
 - 五、Median Polish / 697
 - 六、Resistant Line / 702
 - 七、Resistant Smooth / 702
 - 八、Rootogram / 703
- 第九节 推翻错误假设的概率和样本容量 (Power and Sample Size) / 706
 - 一、概述 / 706
 - 二、1 - Sample Z / 707
 - 三、1 - Sample t / 708
 - 四、2 - Sample t / 710
 - 五、1 - Proportion / 711
 - 六、2 - Proportion / 711

- 七、One-Way ANOVA / 714
- 八、2-Level Factorial Design / 716
- 九、Plackett-Burman Design / 719

第十章 图形菜单 (Graph Menu) 721

第一节 图形菜单的基本命令 / 723

- 一、核心图类 / 723
- 二、三维图 / 723
- 三、特殊图形 / 724
- 四、特征图 / 724

第二节 图形菜单的操作方法 / 724

- 一、图面布局 (Layout) / 724
- 二、绘图 (Plot) / 725
- 三、时间序列图 (Time Series Plot) / 728
- 四、制图 (Chart) / 728
- 五、直方图 (Histogram) / 730
- 六、箱图 (Boxplot) / 733
- 七、矩阵图 (Matrix Plot) / 733
- 八、窗格图 (Draftsman Plot) / 733
- 九、轮廓图 (Contour Plot) / 734
- 十、三维图 (3D Plot) / 736
- 十一、三维线框图 (3D Wireframe Plot) / 739
- 十二、三维表面图 (3D Surface Plot) / 739
- 十三、点图 (Dotplot) / 739
- 十四、饼图 (Pie Chart) / 741
- 十五、边际图 (Marginal Chart) / 744
- 十六、概率图 (Probability Plot) / 746



十七、茎叶图 (Stem and Leaf) / 750

十八、特征图 (Character Graphs) / 750

第十一章 编辑器菜单 (Editor Menu) _____ 755

第一节 编辑器菜单的基本命令 / 757

- 一、编辑器菜单的特点 / 757
- 二、任务视窗对应的编辑器菜单命令 / 757
- 三、数据视窗对应的编辑器菜单命令 / 758
- 四、图形视窗对应的编辑器菜单命令 / 759

第二节 编辑器菜单的操作方法 / 760

- 一、任务视窗命令 / 761
- 二、数据视窗命令 / 763
- 三、图形视窗命令 / 766

第十二章 视窗菜单 (Window Menu) _____ 773

- 一、视窗菜单命令 / 775
- 二、MINITAB 视窗下拉式菜单 / 778

第十三章 帮助菜单 (Help Menu) _____ 779

- 一、帮助菜单命令 / 781
- 二、MINITAB 帮助下拉式菜单 / 782



第一节 试验设计 (DOE)

一、试验设计概述

通过试验设计方法可以对过程进行改善。可以通过试验设计筛选出对过程变异存在重要影响的因素, MINITAB 可以分析这些因素及其交互作用对过程的影响状况, 可以通过分析发现这些因素的最优水平设置从而优化过程性能。MINITAB 的试验设计分析涉及以下命令:

1. Factorial。

(1) Create Factorial Design: 生成二水平全因子、分部因子和 “Plackett-Burman” 设计表。

(2) Define Custom Factorial Design: 从已经输入到工作表中的数据创建一个因子试验设计方案。

(3) Analyze Factorial Design: 分析二水平全因子和分部因子设计以及 “Plackett-Burman” 设计。

(4) Factorial Plots: 显示二水平全因子、分部因子和 “Plackett-Burman” 试验设计的主要影响图、交互作用影响图和三维图。

(5) Contour Surface/Wireframe Plots: 画出轮廓图和三维响应表面图。

(6) Response Optimizer: 计算优化的解决方案并画出交互影响图以确定一组同时优化所有响应变量的因子水平。

(7) Overlaid Contour Plot: 为多个响应变量画出轮廓图。



2. Response Surface。

(1) Create Response Surface Design: 生成“Box — Behnken”和中心复合试验设计表。

(2) Define Custom Response Surface Design: 从已经输入到工作表中的数据创建一个响应表面设计方案。

(3) Select Optimal Design: 选择一个设计点的子集，增加一个设计或评估一个设计。

(4) Analyze Response Surface Design: 分析响应表面设计。

(5) RS Plots: 画出一个轮廓图或三维响应表面图。

(6) Response Optimizer: 计算优化的解决方案并画出交互影响图以确定一组同时优化所有响应变量的因子水平。

(7) Overlaid Contour Plot: 为多个响应变量画出轮廓图。

3. Mixture。

(1) Create Mixture Design: 生成混合水平试验设计表。

(2) Define Custom Mixture Design: 从已经输入到工作表中的数据创建一个混合水平设计方案。

(3) Select Optimal Design: 选择一个设计点的子集，增加一个设计或评估一个设计。

(4) Analyze Mixture Design: 分析混合水平试验设计。

(5) Overlaid Contour Plot: 为多个响应变量画出轮廓图。

4. Taguchi。

(1) Create Taguchi Design: 生成田口正交试验设计表。

(2) Define Custom Taguchi Design: 从已经输入到工作表中的数据创建一个田口试验设计方案。

(3) Analyze Taguchi Design: 分析田口试验设计。

(4) Predict Taguchi Results: 预测田口试验设计结果。



5. DOE。

(1) Modify Design: 改变因子名和水平。

(2) Display Design: 改变试验顺序并为工作表中的因子编码。

二、因子试验设计 (Factorial)

1. 因子试验设计概述。

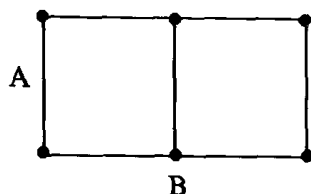
因子试验设计可以对过程存在的多个影响因子进行同时研究, 在试验中同时改变各因子的水平比同一时间只改变一个因子的水平要节省很多时间和成本。且可以研究因子之间的交互作用。因子间的交互作用在许多过程都存在, 如不进行因子试验, 试验及分析时可能漏掉重要的交互作用影响。因子试验设计的类别如下:

(1) 筛选设计 (Screening design)。

通常而言, 一个过程的影响因素是很多的, 筛选设计通过确定影响输出的关键因子来减少输入变量的数量。筛选设计还可以给出这些“关键少数变量”的优化参数设置, 并指示是否存在非线性影响。一般来说, 2 个水平全因子和分部因子设计、Plackett-Burman 常用于筛选重要因子。这些设计适用于线性模型, 但当设计中包含中心点时可以提供非线性影响的信息。

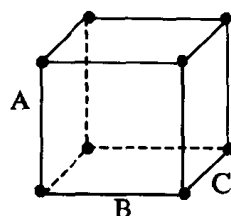
(2) 全因子设计 (Full factorial designs)。

全因子设计包含了所有因子及水平的组合。下图显示了 2 个因子和 3 个因子时全因子设计的组合状态。图中每个点代表一组因子水平的组合。



A 因子 2 个水平

B 因子 3 个水平



A、B、C 3 个因子均为 2 个水平

(3) 2 个水平全因子设计 (Two-level full factorial designs)。

2 个水平全因子设计中，每个因子只有 2 个水平。试验组合包含了所有因子的所有水平。2 个因子设计虽然无法准确分析因子取值范围内各个水平的影响，但可以看出主要影响趋势，从而为下一步试验指明方向。

(4) 通用全因子设计 (General full factorial designs)。

通用全因子设计中，每个因子可有任意水平的取值，如 A 因子有 3 个水平，B 因子有 6 个水平。通用全因子设计可用于因子较少时的筛选设计或进行优化设计。

(5) 分部因子设计 (Fractional factorial designs)。

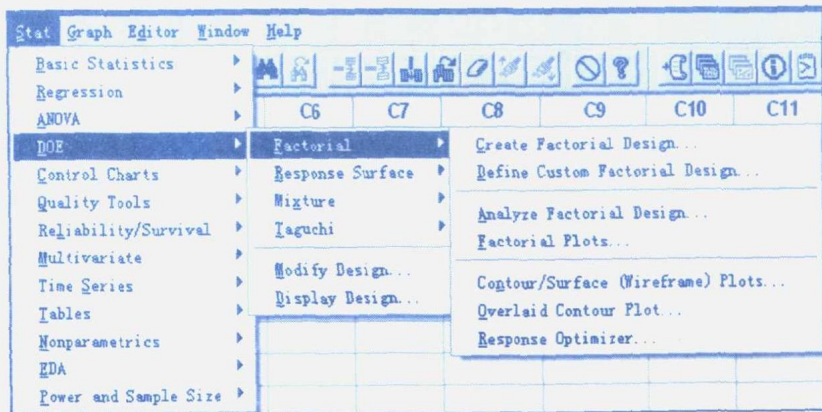
在因子数或水平数较多时，全因子设计的试验组合次数会很多，如 5 个因子 3 个水平的全因子设计组合数为 243 次。这时试验时间和成本都变的很高甚至无法接受。分部因子设计是选择全因子设计的部分组合进行试验这样可以减少试验次数。MINITAB 可以生成多达 15 个因子的 2 个水平分部试验设计方案。分部试验设计可用于因子筛选，只需选择全因子水平组合的一部分进行试验即可。分部因子设计中部分因子间的影响可

能会混淆。混淆的部分无法独立评估。混淆部分 MINITAB 将显示在任务视窗中。因为部分影响之间相互混淆, 因此在选择分部设计时需特别小心, 通常要求试验设计者对试验对象的产品或过程有较深了解。

(6) Plackett—Burman designs。

Plackett—Burman 设计是一种分辨率 III 级的 2 水平分部因子设计, 常用于研究主要影响, 在分辨率 III 级的设计中, 主要影响与两因素交互作用相混淆。MINITAB 可以生成多达 47 个因子的 Plackett—Burman 设计。

MINITAB 因子试验设计的命令如下图所示。



2. 用 MINITAB 进行因子试验设计的步骤:

(1) 在开始 MINITAB 前需要完成先期试验计划，比如确定影响因子、输出变量等。

(2) 在 MINITAB 中根据需要创建一个新的设计或使用工作表中的数据创建一个新的设计。

①用“Create Factorial Design”可以生成一个全因子或分部因子设计或“Plackett-Burman”设计。

②用“Define Custom Factorial Design”可以根据工作表中现有的数据生成设计表。

(3) 用“Modify Design”可以对因子重新命名、改变因子的水平、重复该设计和随机运行试验。

(4) 用“Display Design”可以改变试验和单位显示顺序。

(5) 进行试验并收集数据，然后将数据输入 MINITAB 工作表。

(6) 用“Analyze Factorial Design”分析试验数据。

(7) 用“Factorial Plots”来生成主要影响图和交互作用影响图；用“Contour/Surface (Wireframe) Plots”生成轮廓图和表面图。

(8) 如果需要优化响应变量，可用“Response Optimizer”或者“Overlaid Contour Plot”进行分析。

以上步骤可根据需要进行增删。

3. 选择一个因子设计。

因子试验设计规范了每个试验组合状况，包括分块、随机化与否、重复与否和因子水平组合。

MINITAB 提供了 2 水平全因子和分部因子设计、Plackett-Burman 设计及多个水平的全因子设计，在选择试验方案时，需确定以下信息：



- (1) 试验包含的因子数。
- (2) 希望的试验运行次数。
- (3) 成本、时间和设备等因素。

还可根据试验要解决的问题状况选择试验设计方案以达到以下目的:

- ①通过增加初始试验运行次数以进行后续连续试验。
- ②进行正交试验以独立评估因子影响和降低变差。
- ③检测回归模型的适合性。

通过选择适当分辨率的设计方案来评估重要影响。

4. 试验方案的分块。

(1) 虽然每组试验运行都在特定的条件下, 但有时会遇到试验条件或环境发生较大变化的情况, 如一个需要连续进行几天的试验可能试验现场的温度和湿度均会发生较大变化。数据来源于不同的工厂等。这些变化因素对试验结果可能产生影响, 可以通过对试验进行分块来消除不希望的变化因素的影响。在同一试验条件下得到的试验数据称为同一分块的数据。分块的方法与是否指定基准有关。

(2) 创建分块试验方案例。

某工程师想了解 5 种因素对一种溶剂纯度的影响, 其每批原料可以制造 4 管溶剂, 为消除批号差异对试验结果的影响, 他决定将试验分为 4 个块 (每批原料 1 块), 创建 5 因子、4 块、16 次运行的试验, 流程如下:

- ①选择 “Stat>DOE>Factorial>Create Factorial Design”。
- ②在 “Number of factors” 后选 5, 表示试验包含 5 个因子。
- ③点击 “Design” 按钮, 选中 “1/2 fraction”。
- ④在 “Number of blocks” 后选 4, 表示试验分 4 块。



⑤ 点击“Results”按钮，选“Summary table, alias table, data table, defining relation”。

⑥ MINITAB 任务视窗输出如下图。

```
Factorial Design
Fractional Factorial Design
Factors:      5  Base Design:      5, 16  Resolution with blocks: III
Runs:        16  Replicates:        1  Fraction: 1/2
Blocks:       4  Center pts (total):  0

*** NOTE *** Blocks are confounded with two-way interactions

Design Generators: E = ABCD

Block Generators: AB AC

Defining Relation: I = ABCDE

Alias Structure

I + ABCDE

Blk1 = AB + CDE
Blk2 = AC + BDE
Blk3 = BC + ADE

A + BCDE
B + ACDE
C + ABDE
D + ABCE
E + ABCD
AD + BCE
AE + BCD
BD + ACE
```