

HZ BOOKS
华夏经管

权威的6西格玛实施解决方案

实施 6 西格玛

Implementing Six Sigma

(美) 福里斯特 W. 布雷弗格三世 著
(Forrest W. Breyfogle III)

阎国华 张蓓 盛莫凌 译



机械工业出版社
China Machine Press

实施6西格玛

Implementing Six Sigma
Smarter Solutions Using Statistical Methods

(美) 福里斯特 W. 布雷弗格三世 著 阎国华 张蓓 盛莫凌 译
(Forrest W. Breyfogle III)



机械工业出版社
China Machine Press

Forrest W. Breyfogle III. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using
Statistical Methods.

EISBN : 0-471-29659-7

Copyright © 1999 by John Wiley & Sons.

Chinese (Simplified Characters only) Trade Paperback Copyright © 2004 by
China Machine Press.

All rights reserved.

本书中文简体字版由John Wiley & Sons公司授权机械工业出版社在中华人民共和国境内独家出版发行。未经出版者书面许可,不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

版权所有,侵权必究。

本书版权登记号: 图字: 01-2003-7233

图书在版编目(CIP)数据

实施6西格玛/(美)布雷弗格三世(Breyfogle III., F.W.)著;阎国华等译.-北京:机械工业出版社,2004.1

书名原文:Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using
Statistical Methods.

ISBN 7-111-13009-X

I. 实… II. ①布… ②阎… III. 质量管理 IV. F273.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第083181号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:彭莹莹 李玲 版式设计:刘永青

北京牛山世兴印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年1月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 36.75印张

定价:66.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线:(010)68326294

投稿热线:(010)88379007

推荐序一

《实施6西格玛》一书是写给那些想使他们的机构与众不同的读者。本书适合各种需要，6西格玛项目经理或项目成员均可以此作为按部就班的指导，资深的质量工程师也可以用来参考统计知识和样本，或是复杂测试、研发、制造中的问题解法实例。以下的真实故事可以证明上述评价。

1993年9月，我曾致电统计方法论大师W. 爱德华·戴明（W. Edwards Deming）博士，请教关于我当时正致力为某大汽车厂商攻克的一个产品质量问题。我记得他请我大声说话，因为那时候他已经出现了听力障碍。（众所周知，两个月后他于睡眠中逝世，享年93岁。）以戴明特有的方式，他斟酌词句地给我以启发（而非提供直接答案），并推荐了他的最新著作《新经济学》作为参考。记得他曾说：“这本书凝结了我毕生的学识。”

通过这次谈话给我的启迪，并参考福里斯特 W. 布雷弗格三世所著的《检验、开发和制造中的统计方法》（*Statistical Methods for Testing, Development, and Manufacturing*），我们（和福里斯特 W. 布雷弗格三世、质量工程师汤姆·科蒙以及研发人员皮特·吴）终于得以在数周之内完成了一系列行之有效的产品质量流程，而在此之前它曾困扰了公司近7年的时间。

如今，布雷弗格再成创举，完成新著《实施6西格玛》。在本书中，布雷弗格创立了实用有效的方法——S⁴（Smarter Six Sigma Solutions，更智能的6西格玛解决方案），该方法可以指导读者进行以下各种活动流程：

- 将机构的战略理念融入6西格玛项目计划书。
- 引入决策层资助及选择合适的项目组“计划主持人”，以筹划和开始项目。
- 对决策者、管理层及项目组进行教育培训。
- 建立适当的组织架构和管理模式，争取员工的支持，以减少变革的阻力。
- 按照“测量、分析、改善、控制”的步骤，实施项目计划。

我曾经见过许多6西格玛方法，但布雷弗格的“更智能的6西格玛解决方法”是最全面的。S⁴方法包括了在商务环境中应用6西格玛的重要性，充分考虑到以下方面：

IV

- 组织战略和愿景；
- 沟通和教育策略；
- 企业文化和历史；
- 商业效益和项目优先度；
- 组织和员工的技能与特长；
- 组织接受变革的速度和程度。

凭借我多年来在欧洲和美洲各种军事、民用或咨询等项目中的工作经验，可以肯定本书最好地结合了实用方法与复杂的统计分析工具，它可以帮助解决当今制造业和服务行业中的许多实际问题。

小弗兰克·夏因斯 (Frank Shines, Jr.)
IBM 全球服务事业部负责人，测量方法顾问

推荐序二

取得商业成功的关键是比你的竞争对手更快、更好、更高效地做正确的事。这正是6西格玛方法的目标，而福里斯特 W. 布雷弗格三世所著的这本书是当前在这一领域最系统化和最全面化的指南。

布雷弗格借助许多新颖而强大的统计工具，融合了6西格玛理论的精华，并将已有的方法与其自创的S⁴理论实现了完美的结合。本书始终着眼于实际应用领域：什么是正确的目标？如何去实现它们？宏观的目标被分解成具体的行业性问题，使得经理们和工程师们能够运用《实施6西格玛》一书中所教导的方法技巧去解决这些问题。该书对每种方法都进行了详细的描述，并举实例予以论证。

20世纪80年代，基于6西格玛的质量改善举措在美国实业界犹如燎原之火。摩托罗拉公司最先开始实施，很快其他公司的领导层也引进了6西格玛方法，通用电气、索尼、洛克希德马丁、雷神、联信等相继跟进。大量记载的成功案例反映了实施6西格玛带来的数以百万美元计的节约。但是也有6西格玛项目失败的例子，这通常归咎于实施不力、目标不清和员工培训不足。遵照《实施6西格玛》，则可以避免以上陷阱。

布雷弗格本人多年来言传身教、身体力行，从在IBM担任统计师起（那也是我们初次相识之时）至今日，为各种大小公司提供咨询、培训和实施辅导。这本书脱胎于较早期的教材《检验、开发和制造中的统计方法》，并得益于长期运用统计方法成功解决行业问题实现商业目标的实战经验。

对我而言，《实施6西格玛》一书最有价值之处是它涵盖的广阔范围。在“一站式”地整合必需的质量和统计工具方面，这本书无可匹敌。不但基本的工具如失效模式与后果分析（failure mode and effects analysis, FMEA）、质量功能展开图（quality function development, QFD）和流程图等得以阐述，诸多强大的统计工具和概念也无一遗漏：

- 探索性数据分析（图表化）；
- 统计过程控制；
- 回归模型拟合；

- 方差分析；
- 过程能力指数；
- 实验设计和响应曲面；
- 拔靴法；
- 比较法；
- 测量系统能力分析。

书中还广泛地探讨了可靠性试验及分析方法，包括可修复系统和不可修复系统。而所有上述材料都通过相当实用和直截了当的表述，成为解决实际问题 and 实现预期目标的首选工具。

本书应当作为经常查阅的参考书，帮助经理实施和员工参与任何行业质量改善项目。除此之外，很多章节也适用于各种短期统计工具的培训课程。

保罗·托拜厄斯 (Paul Tobias)
半导体研发联盟统计方法组经理

推荐序三

我十分欣喜地接受了福里斯特 W. 布雷弗格三世要我为这本关于6西格玛的新书作序的请求。始创于摩托罗拉公司的6西格玛方法，其发展历程非常令人振奋。这种理念，正如福里斯特所指出的，如果得以优化实施，将带来显著而实在的质量改善。当今，6西格玛流程正被全球众多不同领域的组织机构用于实践。历史将记录这套完美流程如何改变了世界，并赋予“质量”一词新的意义。

为准备此序，我回顾了6西格玛的发展以及那些拥有勇气、才智、远见的先驱者，是他们使一切成为现实。6西格玛之父是已故的比尔·史密斯（Bill Smith），我公司通信产品部的资深工程师和科学家。正是比尔精心打造了6西格玛文化中那些最初的统计量和公式。他带着整套构想和满腔热情，去见当时公司的首席执行官鲍伯·戈尔文（Bob Galvin）。鲍伯看出了这套理念的优势，更大程度上也是被比尔的坚定信念和热忱打动。他鼓励比尔继续进行，竭尽所能使6西格玛成为摩托罗拉公司文化的第一要素。随后不久，公司高级副总裁杰克·杰曼尼（Jack Germaine）担任质量总监，负责在全球范围内实施6西格玛，因此他通过摩托罗拉大学向整个公司在世界各地传播6西格玛。很快，6西格玛成为每位员工都必须参加的培训课程。质量语言也成为摩托罗拉的公司用语，无论在法国、阿拉伯，所有的人都了解6个步骤、缺陷的测量和消除以及每百万次机会。培训和理念并不局限于生产部门，每一个人都要理解这套流程，并将其运用于一切领域。有些人设法回避，说他们处于非制造领域；也有些人质疑统计方法的可靠性。尽管如此，公司仍然坚定这一承诺并强制实施。

结果摩托罗拉不但形成了深入人心的质量文化，而且经历了前所未有的增长和业绩。辉煌成就得到认可，公司被授予美国马尔科姆·鲍尔德雷治国家质量奖（Malcolm Baldrige National Quality Award）。当时，比尔宣称摩托罗拉是惟一堪获此奖的公司，因为在当时所有申请者中只有我们有现成的流程、考评标准、文档记录来说明质量水平。

以后的一切，正如人们所说，都已经成为历史。当今，各种6西格玛工具、研究、培训、咨询层出不穷，遍布于商务、实业和教育领域。这本新著便是一例。

VIII

在这本书中，布雷弗格为组织机构提供了易于使用的以6西格玛方法提高利润的指南。书中不仅阐述了制造业如何从6西格玛中获益，而且涵盖了如何将6西格玛方法运用到服务、商务、开发和其他各个领域。

这本书论述了如何使多数组织变得更具竞争力，降低缺陷水平，以及提高周转率，不但整合了传统的6西格玛流程、测量指标、改善工具，而且深入浅出地讲解了许多有用的方法。在许多章最后的“S⁴评估”一节中，对因地制宜地选择工具提供了更深入的指导。还有，作者列举的大量实例既有针对机械方面的，也有针对将所提供的工具更广泛地应用于其他领域的。此外，本书是管理层、技术人员、工程师、行政人员等各类项目实施者都可以成功使用的6西格玛指南。

最后，这本将6西格玛精神财富与常识性方法论融会贯通的著作必将为广大6西格玛先行者们所称颂。

比尔·威根霍恩 (Bill Wigenhorn)

摩托罗拉培训及教育部高级副总裁

摩托罗拉大学校长

前 言

近年来将统计方法运用于流程改善备受关注。很多公司的首席执行官们都在了解其他公司（从摩托罗拉开始）是如何通过实施6西格玛带来财务收益，并准备仿效这些做法以同样获益。还有很多公司正在处理它们的客户所提出的统计方面的要求，例如统计过程控制（statistical process control, SPC）、实验设计（design of experiments, DOE）和持续可靠性检验（ongoing reliability testing, ORT）。

本书既可作为实业界的指南，也可作为理论界的参考。对实业界，本书通过列举大量的实例，并辅以应用练习，来指导公司有效运用6西格玛的相关工具。对理论界而言，本书实用的结构使学生们能够掌握实际工具并确定发展道路，从而使他们在毕业后能迅速将所掌握的知识应用于组织或职业。

在写作1992年出版的《检验、开发和制造中的统计方法》一书时，我受雇于IBM公司。该公司那时正在实施6西格玛项目。同年，我离开了IBM公司，创立了自己的公司Smarter Solutions。本公司的首要宗旨是通过个性化的咨询和培训来协助组织机构有效地运用6西格玛相关统计工具。在为众多的组织机构培训6西格玛的经历中，我发现各行各业都明显地迫切需要一个按部就班实施6西格玛商业战略的指南。（仅有一个6西格玛宏观战略是很难奏效的。）本书正是对这一需求的回应。本书中包含我的上一本著作中的理念，并对其做了大量拓展和更新。此外，还有许多练习题，可以用于S⁴研讨班或常规授课。

当有效地运用时，6西格玛对提高公司的利润是行之有效的。反之，如果这些工具使用不当，其后果则是消极而令人沮丧的。如果公司过于专注在“如何计量缺陷”以及如何汇报缺陷率上，它们就忽略了6西格玛的真正价值所在——通过有效地运用统计工具而实现过程的改善或再造（并带来商业效益）。一个6西格玛项目应当以实现明智的解决方案为目标。（Smarter Solutions、Smarter Six Sigma Solutions和S⁴都是福雷斯特 W. 布雷弗格三世的服务标志。）

如果一家公司不能明智地运用6西格玛工具，项目失败是在所难免的。这种情况的发生往往会导致对统计工具有效性的质疑，尽管事实是项目实施不力或工具运用不当。应用6西格玛工具还有另外一种误区，即公司往往想当然地认为所

有人都遵循同一尺度来衡量有关的6西格玛指标，如过程能力，而事实上远远不是这样的。其结果是导致各部门之间产生沟通障碍，最终造成资源浪费。本书为此专门详述了某些指标可能产生的问题，以及针对相应问题应采取的实施步骤。

本书中使用“Smarter Six Sigma SolutionsSM”(S⁴SM)作为形容词修饰许多通用的6西格玛词汇(如，黑带、绿带、计划主持人、执行者、研讨班)，目的是将本书所讲解的6西格玛实施流程区别于其他的6西格玛著作。为此，在本书中不时出现S⁴评估理念以提示读者应全面地考虑问题，从而明智地运用6西格玛方法实施流程。另外，围绕S⁴理念所开展的活动，即“Smarter Six Sigma Solutions”评估法，是围绕中心目标采取正确的衡量指标和步骤以获得收益。借助S⁴举措，我们可以得到一个知识中心行为(knowledge-centered activity, KCA)的环境。知识中心行为描述了如何明智地获取知识并有效地运用于组织和流程中。

本书适用范围广泛，可满足如下多种需求：

- 管理者希望将6西格玛战略融入公司的运作中。公司各部门需要一个指南来引导它们实现有效的解决方案所能带来的收益(即能实现6西格玛商业战略的S⁴培训和实施流程指导)；
- 组织机构需要一本可以用于6西格玛研讨班的教材；
- 实施者为6西格玛商业战略中的众多方面和互不统一而困惑，因而需要全面理解各种可选方案，从而因地制宜地优选出最佳方案，达到获得有效解决方案的目的。这种深入理解也将大大减少对供应商或客户的6西格玛要求的误解；
- 大学需要开设一门应用统计学课程，以使学生们了解有效运用统计工具能为他们所选的职业带来的好处，进而使学生们获益于智慧的解决方案；
- 高级经理需要阅读本书的部分章节，以判定他的组织如何能从6西格玛商业战略和统计工具中获益。在实施之前，这位经理可以先进行实验设计检验样本结果，避免通常的一揽子实验。这位经理的部下也可以参考本书，对他/她的组织机构中传统的工作目标、工作定义和 workflows 重新做一番深入的评估考察；
- 工程技术人员有初级的统计知识背景，但需要更容易地解决诸如样本数量之类的统计技术问题，并对实际问题提供聪明的解决方案；
- 任何个人需要一本参考书能“一站式”简明清楚地讲解各种统计工具，如实验设计、响应曲面方法(response surface methods, RSM)、可靠性试验、统计过程控制和质量功能展开图等。(并辅助以如何衡量并选择这些工具，如何全面地解决问题，以及如何确定智慧的解决方案。)

本书分为如下部分：

1. S'实施策略阶段；
2. S'测量阶段；
3. S'分析阶段；
4. S'改善阶段；
5. S'控制阶段。

第一部分阐述了配合知识中心行为开展S'项目所能带来的收益，以及如何开展这一活动。正是这种将6西格玛工具在S'项目中合理的应用与融合才产生了根本性的改善。其他部分则阐述了一个四星期的S' 6西格玛培训所应覆盖的方面，以及怎样具体实施一个S'项目。

为满足多样化的读者需求，特做如下结构安排以方便使用本书：

- 章节通常较短小精悍，描述性强，并有很多实例。因此，本书目录可帮助读者迅速地针对具体问题找到应参考的工具和例子。
- 书后所附的词汇表是非常有用的参考，它罗列了大多数在正文中提到的术语，并给出了精确释义。
- 详细的数学表达式和其他相关参考资料一律收入附录，以避免在正文中讲解过多而干扰读者的思路，同时也方便读者更迅速、更集中地查阅。
- 名为“S'评估”的部分会出现在许多章节的后面，目的是激励读者深入思考并全面衡量各种可能方案，因而避免局限思路。
- 实例描述了实施过程和细节，特别是如何与S'利润收入目标融合。

传统培训与教材

许多（并非全部）工程师相信统计“仅仅”适用于棒球比赛，而对他们的工作没有用处，因为“它要求太多的样本”。比尔·桑斯特（Bill Sangster），已故的佐治亚理工大学工程学院院长则说过：“工程师手中的统计工具就像醉汉手中的灯杆一样，更多是用来支撑身体而非照明方向。”（见1989年《体育新闻》）

很遗憾，许多学院的工程专业课程表中只有课时十分有限的统计学课程。更遗憾的是，就是这有限的统计课程，使得学生们往往不能将所学的专业知识与实际应用联系起来。

统计学教材通常针对于解决常规问题来讨论如何确定工具。一个S'项目实施者可能会试图参考这些教材来解决一些问题，例如，确定一个失效率指标所需要的样本数量。但是，他会发现即使是确定这样一个“简单的试验计划”也是不可能的，因为如今极低的失效率会要求非常大的样本数量和非常长的试验周期。为避免盲目地开展这种试验，本书将给出多种选择方案，从而使试验更易控制也更

有意义。只有将精力集中在核心策略上，严格准确地界定问题范围，才能满足真正的客户需要，而且节约时间和成本。

本书突破了以往许多书籍传统的条条框框，它将重点放在如何确定关键问题并有针对性地提出解决方案上，花费更少的时间和精力，利用更少的样本来进行信息量更大的试验。

无论是开发人员、制造工程师，还是服务人员，都需要接受良好的培训，从而知道如何运用统计工具“更有效地工作”。经理们也应该接受这样的培训，使他们能指导下属最有效地完成任务，并言简意赅地表述信息。当一个公司中所有的员工都能熟练地运用S⁴统计工具时，很多现在用来讨论问题的会议都可以避免，或者更有效且收益更大。工程部和各类管理者都需要便于参考的统计工具指南，使他们知道如何借此“指明方向”。本书正是对此需求的回应。

对很多实施者而言，理论推导和人工统计分析都是事倍功半的痛苦过程。本书尽可能避免触及此类问题，而且目前专门探讨这类分析的著作已经多如牛毛。所以在此剔除这方面的冗余信息，目的正是使本书对广大读者来说更具可读性。为了替代对各种理论的描述，书中常用描述性的语言来展示各种概念为何“行得通”，而且为了替代人工的概念分析，书中还讨论了计算机分析工具，因为多数实施者会选用当前流行的各种计算机软件包来用于各种不同类型概念的分析。

本书以“简明扼要”为宗旨。为使产品开发或制造最有效，“快速检验”（取代一个“庞大”检验）对于特定情况可能是最好的。工程师没有足够的时间去查阅统计文献以决定，例如，理论上对某一情况而言“最好”的实验设计策略。一个工程师需要把他/她的时间花费在评估选择总体上更好的统计策略，以降低造成客户不满意的风险。这些策略通常需要有机的结合统计方法与技术方面的要求。

传统的统计学教材和课程通常强调的是实验设计、统计过程控制或者可靠性检验。而本书阐述了如何利用头脑风暴法对以上工具进行综合，从而产生强大的协同作用，来实现产品开发和生产的高质量和高效率。我们应该用所有这些工具把工程师们武装起来，以使他们的工作效率最大化。

传统的统计学教材通常并不强调“对问题进行定义”。例如，一本传统教材可能会给出如何选择样本大小来检验失效标准的过程，但是更重要的考虑应该是决定怎样来实施实验设计以考察如何通过改变几个因子来实现产品质量的改善。本书强调定义出对解决特定情况而言的最“关键”问题；为了不断评估工作环境，每个人应当质疑：我们试图解决的是正确的问题吗？我们使用了最佳的基本检验、开发和制造策略吗？

本书中许多实例样本和试验都是非常昂贵的，所以本书的核心是指明方向，引导读者最少地使用样本或实验，同时获取最大量的有用信息。为实现此目标，

有些实例举例说明了在决策过程中如何将工程判断和统计量相结合。

本书中的许多实例认为读者会考虑到时间就是金钱，所以它不鼓励“分析能力瘫痪”（即把数据分析得毫无意义）。此外，还强调了不能因为过分详细地考察各种统计上有趣却对满足客户需求价值微小的现象而忽视了“宏伟蓝图”。在诸多行业，用传统的方法来解决问题已经变得越来越困难。

失效率在不断地降低，而产品的应用日益复杂。在这类行业中一个典型问题是：“我需要多大的样本来审核失效检验标准呢？”这一问题的答案通常是，样本会“很大”。取代评估样本大小的难题，读者应当考虑用从试验中获取的信息来“为客户”做些什么。为完成这一自我评估，假设我们设计这样一个试验，如果在试验中没有失效发生的话就满足了检验的标准。如果在检验中发现多次失效，管理层会如何反应呢？这些失效能够被“言过饰非”（即玩数字游戏）吗？如果流程不做改变以避免将来再次引发问题，则试验也就收效甚微。另一个例子是，武断地以观察和修正失效为目的开展一个试验通常是无效的。这种做法对于问题决策也往往是低效率的。当为发现问题而进行试验时，通常更好的做法是结构性地调整各个方面以观察其反应。

专用语和服务标志

我在书中尝试尽量对各种符号和指标使用与其他著作一致的名称（例如， μ 代表均值）。然而，在各种著作中也常见到对不同统计领域术语的重复命名。因为本书涵盖许多统计领域，就不得不做些妥协。

本书中既探讨了连续反应，也包含了可靠性分析。字母 x 用来代表可靠性模式分析中的独立变量。**Smarter Solutions**、**Smarter Six Sigma Solutions**和 S^+ 都是福雷斯特 W. 布雷弗格三世的服务标志。

致谢

我再次感谢诸多人士的鼎力相助。我的太太贝基（Becki）非常支持我投入大量时间和精力写作本书。斯坦·惠勒（Stan Wheeler）的建议和指导使我获益匪浅。马克·莱曼（Mark Lehman）为初稿和编程支持提供了及时帮助。许多改善来源于帕特·斯帕根（Pat Spagon）、韦斯·布雷弗格（Wes Breyfogle）、弗雷德·博思韦尔（Fred Bothwell）的建议。此外，大卫·莱尼（David Laney）、马克·基曼勒（Mark Kiemele）、拉伊·乔杜里（Rai Chowdhary）、杰姆·费舍尔（Jim Fish）、玛丽·麦克唐纳德（Mary McDonald）、艾伦·约翰逊（Allen

Johnson)、布伦达·萨巴格 (Brenda Sabbagh)、罗恩·汉娜 (Ron Hanna)、玛丽·乔·麦卡锡 (Mary Jo McCarthy) 和凯西·弗洛里斯 (Kathy Flories) 等人对工具、文字或其他形式的辅助也十分重要。我还非常感谢丹·布雷弗格 (Dan Breyfogle) 和其他许多人对于书名的提议。最后, 特别感谢劳埃德 S. 尼尔森 (Lloyd S. Nelson) 给我的关于《检验、开发和制造中的统计方法》的书面建议, 这些建议在本书中也有反映。

联系作者

您关于本书进一步改善的评价和建议都会使我感激不尽。您对我的任何建议都将被认真考虑, 以备日后重版参考 (我致力于言传身教)。此外, 我开展公共的或专门的6西格玛课程, 也使用本书教导关于S⁺工具的运用。如果您需要课程的信息或者书中描述的弹射器进行相关团队练习, 尽可以与我联系。我的电子邮件地址是 forrest@smartersolutions.com。您也可以在www.smartersolutions.com 网站上找到更多有用的文章和实施想法。

福里斯特 W. 布雷弗格三世
Smarter Solutions 公司
奥斯汀, 得克萨斯州

目 录

推荐序一	
推荐序二	
推荐序三	
前言	

第一部分 S⁴实施策略阶段

第1章	6西格玛综述和 实施 2
第2章	知识中心行为 和流程改善 20

第二部分 S⁴测量阶段

第3章	有关统计学及实验 陷阱的概述 32
第4章	流程图 45
第5章	基本工具 51
第6章	概率 63
第7章	分布和统计过程 67
第8章	概率和风险图 83
第9章	6西格玛测量 91
第10章	基本控制图 103
第11章	过程能力和工序 表现 128

第12章	测量系统分析 154
第13章	因果矩阵和质 量功能展开 168
第14章	失效模式与 后果分析 179

第三部分 S⁴分析阶段

第15章	数据的形象 化表示 196
第16章	置信区间和 假设检验 204
第17章	推断：连续响应 209
第18章	推断：属性响应 220
第19章	比较试验： 连续响应 227
第20章	比较试验： 属性响应 238
第21章	拔靴法 242
第22章	变异因素 249
第23章	相关及简单线 性回归 256
第24章	单因素方差 分析 266
第25章	两因素方差 分析 281

第26章 多元回归287

第四部分 S⁴改善阶段

第27章 从DOE中获益 ...292

第28章 创建全析因和
部分析因的
2ⁿDOE296

第29章 2ⁿDOE计划307

第30章 2ⁿDOE的设计
和分析314

第31章 关于DOE应该考
虑的其他问题 ...334

第32章 利用DOE和田口
方法减少变异性...344

第33章 响应曲面法352

第五部分 S⁴控制阶段

第34章 短期和目标
控制图370

第35章 其他的控制图
方案375

第36章 指数加权移动平均
值和工程过程

控制381

第37章 预控制图389

第38章 控制计划和
其他策略392

第39章 可靠性试验/
评估: 概述396

第40章 可靠性试验/ 评估:
可修复系统406

第41章 可靠性试验/评估:
不可修复系统 ...422

第42章 通过/失败功能
试验433

第43章 应用实例449

附 录

附录A 分布公式472

附录B 描述性的信息476

附录C 关于DOE的补充 ...488

附录D 参考表格497

词汇表547

参考文献558

译者后记569