

BIM 贝思德高级六西格玛实战丛书

文放怀 编著

六西格玛 设计实战

6Sigma



广东经济出版社

BIM 贝思德高级六西格玛实战丛书

2

文放怀 编著

六西格玛 设计实战

6 Sigma

广东经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

六西格玛设计实战/文放怀编著. —广州: 广东经济出版社, 2003.10

(贝思德高级六西格玛实战丛书)

ISBN 7-80677-558-7

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 (2003) 第 084851 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	广东惠阳印刷厂 (惠州市南坛西路 17 号)
开本	787 毫米×1092 毫米 1/16
印张	17.25 2 插页
字数	316 000 字
版次	2003 年 10 月第 1 版
印次	2003 年 10 月第 1 次
印数	1~5 000 册
书号	ISBN 7-80677-558-7 / F·928
定价	35.00 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: 广州市东湖西路邮局 29 号信箱 邮政编码: 510100

(广东经世图书发行中心)

本社网址: www.sun-book.com

·版权所有 翻印必究·



文放怀

湖南益阳人，高级六西格玛研究专家。国内第一本6Sigma专著的作者。已出版专著有《6Sigma品质管理》、《六西格玛实战》、《现代品质管理技术》、《品管方法与品管圈应用》。近年来潜心于高级六西格玛管理的研究，即将出版的专著有《6Sigma教练》、《快速精通Minitab》、《高级六西格玛管理》。现为美国ASQ六西格玛会员，中国六西格玛联合会副主席，贝思德国际管理顾问有限公司总经理，贝思德文化传播中心总裁。

电话:13510229888

E-mail:fhwen9888@163.com

网址:www.6sigmabb.com

序

Preface

自从20世纪90年代摩托罗拉发动6Sigma战役以来，6Sigma风暴席卷全球。但真正取得成功的少之又少，何也？对6Sigma缺乏实质性的了解。6Sigma管理分为改善6Sigma和设计6Sigma，设计6Sigma又叫高级6Sigma，是21世纪初6Sigma管理研究的发展方向。

文放怀先生是中国较早研究6Sigma管理的专家之一，是中国第一本6Sigma专著的作者。近年来，文先生潜心于高级6Sigma管理的研究，又开中国高级6Sigma研究之先河。文先生始终以独特的视角洞悉6Sigma管理的发展方向。《六西格玛设计实战》的出版必将为国内6Sigma管理带来深远的影响。21世纪高级6Sigma管理的发展方向是低成本、高可靠性、零缺陷设计。

其一，低成本设计。注重设计变量对约束函数的影响。从元器件参数的优选角度，考虑对6Sigma设计成本的影响。从新产品制造过程出发，考虑对制造成本的影响，使整个产品成本最低化。

其二，高可靠性设计。从系统可靠性的预计与分配出发，运用6Sigma设计方法，最大限度地提高产品可靠度，使产品质量满足顾客要求并超越顾客的期望。

其三，零缺陷设计。从最小DPU/DPMO出发，注重设计过程能力的影响，对设计过程进行QFD和FMEA分析，使设计所导致的缺陷降低为零。

6Sigma设计是一项全新的方法。加强对6Sigma设计项目的管理，是6Sigma设计成功的关键。本书从实际应用的角度进行了详细的阐述，不失为一本高级6Sigma管理的最佳实战读本，为推进

中国的 6Sigma 管理作出了重要贡献。特向热衷于 6Sigma 管理的各位朋友推荐，以祈对各位有所裨益。

乔治·伯克

美国哈佛大学化学博士/加州大学计算机博士

美国宇航局高级顾问

美国质量协会六西格玛会员

贝尔实验室首席科学家

中国六西格玛联合会主席

前 言

Foreword

6Sigma 管理为我们指明了两条康庄大道，一条是 DMAIC（定义、测量、分析、改进、控制）；另一条是 DMADV（定义、测量、分析、设计、验证）。这是 6Sigma 管理的两个里程碑。DMAIC 主要是用于对过程的改进，而 DMADV 是用于对设计的实践。两者各有千秋，平分秋色。然而，人们有来自于创新的原动力，对 6Sigma 设计却更加青睐。6Sigma 设计正方兴未艾。

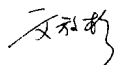
《六西格玛设计实战》是作者主笔的《六西格玛实战》的姊妹篇，成书形式和体例属同一风格。6Sigma 设计（DFSS）是 6Sigma 管理的最高境界。6Sigma 设计方法工具是我们登堂入室的最佳捷径，每一个有志于 6Sigma 管理的人，都可从中汲取营养。“问渠那得清如许，惟有源头活水来。”只有从“源头”控制品质，才是达到 6Sigma 质量的最佳选择。不少著名企业建立跨国设计开发中心，广揽优秀设计人才，利用本土化资源和国际化优势占领新技术的制高点，取得了丰硕成果。真乃“山重水复疑无路，柳暗花明又一村”。

6Sigma 设计（DFSS）其实质是“创新”。创新是社会变革的原动力，没有创新，就没有改善，就没有前进。“日出江花红胜火，春来江水绿如蓝。”当今是改革的时代，也是不断创新的时代。以 6Sigma 设计师的睿智，为我们描画出美好的明天。

本书作者试图将 6Sigma 管理的普遍原理融入到 6Sigma 设计管理的全过程当中，为读者提供 6Sigma 设计的最佳途径。尽管 6Sigma 管理在前几年曾风行一时，是非功过，各有评说。但 6Sigma 设计（DFSS）的方法工具见之甚少，且应用也并不多见。

加速 6Sigma 管理知识在中国的普及应用，是作者义不容辞的责任。“衣带渐宽终不悔，为伊消得人憔悴。”由于时间仓促，书中有不足的地方，欢迎读者赐教。

E-mail: fhwen9888@163.com



贝思德国际管理有限公司总裁
贝思德文化传播中心董事总经理
中国六西格玛联合会副主席

2003 年 4 月

目 录

Contents

前言	(1)
第一章 什么是 6Sigma 设计	(1)
第一节 什么是 6Sigma 设计	(3)
第二节 如何进行 6Sigma 设计	(5)
第三节 什么是 6Sigma 设计的基本原则	(9)
第四节 如何进行 6Sigma 设计培训	(11)
第二章 什么是 D - M - A - D - V 模型	(13)
第一节 什么是 D	(15)
第二节 什么是 M	(18)
第三节 什么是 A	(20)
第四节 什么是 D	(23)
第五节 什么是 V	(29)
第三章 如何运用 6Sigma 设计工具	(31)
第一节 如何运用头脑风暴法进行设计	(33)
第二节 如何根据关键质量特性 (CTQ's) 进行设计	(35)
第三节 如何应用高级流程图 (SIPOC)	(42)
第四节 如何运用并行工程 (CE)	(44)
第五节 如何运用质量功能展开 (QFD) 进行设计	(46)
第六节 如何进行系统设计	(55)
第七节 如何进行参数设计	(60)
第八节 如何进行容差设计	(70)
第九节 如何进行概念设计	(72)

第十节	如何进行实验设计	(82)
第十一节	如何进行失效模式及影响分析 (FMEA)	(95)
第十二节	如何进行故障树分析 (FTA)	(101)
第四章	如何运用 6Sigma 设计的统计分析工具	(109)
第一节	如何运用 DPMO 进行设计分析	(111)
第二节	如何进行方差分析 (ANOVA)	(113)
第三节	如何进行多变量分析	(116)
第四节	如何进行多元回归分析	(119)
第五节	如何进行蒙特卡罗分析	(121)
第六节	如何进行最坏的情况分析	(125)
第七节	如何进行总均方根分析	(126)
第八节	如何进行相似分析	(128)
第九节	如何进行优化分析	(131)
第五章	如何进行 6Sigma 设计项目管理	(145)
第一节	如何确定 6Sigma 设计项目的 CTP's	(147)
第二节	如何写 6Sigma 设计项目书	(148)
第三节	如何挑选合适的 6Sigma 设计项目团队	(150)
第四节	如何制定 6Sigma 设计项目的进度计划	(152)
第五节	如何进行 6Sigma 设计项目的验证和确认	(153)
第六节	如何对 6Sigma 设计项目进行评估	(155)
第六章	如何进行 6Sigma 公差设计	(159)
第一节	什么是公差设计	(161)
第二节	如何进行 6Sigma 公差设计	(163)
第三节	6Sigma 公差设计案例研究	(166)
第四节	公差分析	(169)
第七章	如何进行 6Sigma 工业设计	(175)
第一节	如何进行 6Sigma 工业设计	(177)
第二节	如何进行工艺性设计	(180)
第三节	如何进行人机工学设计	(182)
第四节	如何进行低成本设计	(185)

目 录

第八章 如何进行 6Sigma 可靠性设计	(187)
第一节 什么是 6Sigma 设计的可靠性	(189)
第二节 如何进行简化设计	(201)
第三节 如何进行降额设计	(202)
第四节 如何进行热设计	(203)
第五节 如何进行电磁兼容性设计	(206)
第六节 如何进行耐环境设计	(208)
第七节 如何进行冗余设计	(210)
第八节 如何进行动态设计	(212)
第九章 如何进行 6Sigma 设计项目的综合管理	(219)
第一节 如何进行 6Sigma 设计项目的管理	(221)
第二节 如何进行 6Sigma 设计项目的成本管理	(226)
第三节 如何进行 6Sigma 设计项目的风险管理	(230)
第四节 如何进行 6Sigma 设计项目的整体管理	(233)
第十章 如何进行 6Sigma 创新设计	(237)
第一节 什么是 6Sigma 创新设计的原动力	(239)
第二节 什么是 6Sigma 创新设计方法	(241)
第三节 如何进行 6Sigma 创新设计管理	(242)
第四节 6Sigma 设计与 TRIZ 创新方法	(246)
第十一章 你是否是一个合格的 6Sigma 设计师	(251)
第一节 6Sigma 基础知识	(253)
第二节 6Sigma 设计师认证试题	(254)
后记	(262)
附录	(263)
附录一 贝思德国际管理顾问有限公司简介	(265)
附录二 贝思德高级六西格玛项目管理培训内容	(267)

第一章

6Sigma 设计

什么是 6Sigma 设计

- 第一节 什么是 6Sigma 设计
- 第二节 如何进行 6Sigma 设计
- 第三节 什么是 6Sigma 设计的基本原则
- 第四节 如何进行 6Sigma 设计培训



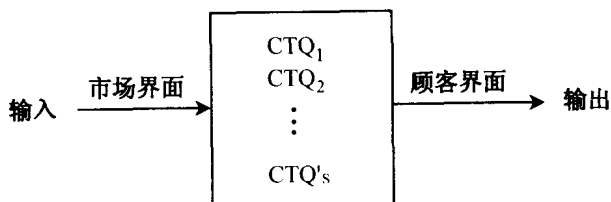
简言之，6Sigma 设计是一种以 6Sigma 性能为目标蹬新产品或新服务的过程设计。

第一节 什么是 6Sigma 设计

自从有人类社会以来，人们就进行着各种各样的设计。设计改变着人们的生活并推动着人类文明的进步。在人类历史发展的长河中，6Sigma 设计成为 21 世纪发展的一座里程碑，具有划时代的历史意义。

一、6Sigma 设计是以顾客为关注焦点的设计

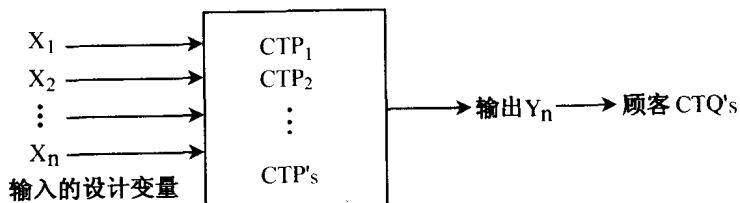
6Sigma 设计以顾客为关注焦点，广泛收集市场信息，确定顾客，对新产品的关键质量特性 (CTQ) 进行人性化的设计，以满足和超越顾客的期望。如下图所示。



人性化设计最大的特点是满足了消费者心理，提高了新产品的亲和力，使顾客的忠诚度得到了大大的加强，增强了新产品在市场中的竞争力，在抢占市场先机中快人一步。

二、6Sigma 设计是最优化的关键过程特性设计

6Sigma 设计是重点放在最优化的关键过程的特性上的设计 (CTP)。关键过程特性参数是影响新产品特性的重要物理量，必要时一定要进行优化，如下图所示。



由上图可知， $Y = f(x_1, x_2 \cdots x_n)$ ，输入的设计变量 $x_1, x_2 \cdots x_n$ 是连续和可量化的物理参量。为使输出的过程特性 Y_n 最佳，要进行优化计算，求出最佳的设计变量。利用关键过程的特性矩阵，运用计算机进行优化，找到

最优的设计方案。

三、6Sigma 设计是最经济的成本设计方案

6Sigma 设计一开始就将成本与效益考虑在设计当中，进行最小的 DPU (每单位缺陷数机会) 即最小 DPMO (每百万缺陷概率) 设计。下面是 DPMO 与质量成本的关系表。

短期过程能力 (Z_{ST})	长期过程能力 (Z_{LT})	DPMO	质量成本占销售额的比例 (%)
1	—	691000	50
2	0.5	309000	40
3	1.5	66800	30
4	2.5	6210	25
5	3.5	233	10
6	4.5	3.4	5

进行 6Sigma 设计，可减少设计时间和成本，使新产品和服务更快地进入市场；将赋予最终产品和服务较多的附加值，从而增加顾客的忠诚度和销售额；进行最小 DPU 设计，可降低质量成本，从而减少营业费用。

四、6Sigma 设计是高可靠性设计

6Sigma 设计是高可靠性设计，也是高质量设计，可减少新产品设计失效的风险。其内容是对关键的元器件进行可靠性实验，对系统进行可靠性分配，防止新产品发生任何形式的失效，对设计过程进行失效模式和影响分析 (DFMEA) 以及模拟仿真实验，将可能的失效模式消灭在萌芽状态。

下表是可靠度 $K(t)$ 与产品的平均寿命 (MTBF) 与 6Sigma (σ) 的关系表。

可靠度 $K(t)$	平均寿命 (MTBF)	Sigma	备注
0.9048374	10	2.8	$R(t) = e^{-t\lambda}$ $\lambda = \frac{1}{u}$ $u = \text{MTBF}$ $t = 1$
0.990498	100	3.8	
0.9990005	1000	4.6	
0.9999000	10000	5.2	
0.9999900	100000	5.8	
0.9999990	1000000	6.3	

第二节 如何进行 6Sigma 设计

6Sigma 设计其实质是用 6Sigma 工具和方法对新产品和服务进行优化, 其目标是按 6Sigma 绩效、性能设计流程。

一、几个重要的概念

1. 标准偏差 σ 。

σ 是构成 6Sigma 设计的基本元素。有变异和偏差, 才使得我们的世界丰富多彩。然而正是它, 也使我们花在它身上的代价不菲。减少变异, 消除失误, 常常使我们绞尽脑汁。通常 σ 表示样本的标准差:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

2. 平均值 u 。

u 是构成 6Sigma 设计的基本元素。它是表示样本的平均值。有时也用 \bar{X} 表示。

$$u = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

3. 方差 σ^2 。

σ^2 方差是构成 6Sigma 设计的基本元素, 它是方差分析的基础。方差的均方根 (RSS: Root Sum of Squares) 是进行 6Sigma 设计的基础。

二、有关 u 、 σ 的运算

1. 如果有两个部件来自不同的供应商且互不相关, 那么下面等式成立。

$$u_{x+y} = u_x + u_y \quad x+y \text{ 的平均}$$

$$u_{x-y} = u_x - u_y \quad x-y \text{ 的平均}$$

$$\sigma_{x+y}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 \quad x+y \text{ 的方差}$$

$$\sigma_{x-y}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 \quad x-y \text{ 的方差}$$

方差均方根方程 (RSS)

$$\sigma_{x+y} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

如果我们增加元件的个数, 那么

$$\sigma_{\sum x_i} = \sqrt{\sum \sigma_{x_i}^2} \quad \text{亦成立}$$

【例 1】我们从两个供应商中抽取两个部件, 测得其高度的平均值为 u_1

= 2.100", $u_2 = 1.010"$, 标准偏差为 $\sigma_1 = 0.005"$, $\sigma_2 = 0.008"$, 将其装在一起, 那么这两个部件的 6 σ 规格是多少?

解: u_{1+2} 是两个部件堆在一起的高度:

$$u_{1+2} = u_1 + u_2 = 1.010" + 2.100" = 3.110"$$

σ_{1+2} 是两个部件堆在一起的标准差:

$$\begin{aligned}\sigma_{1+2} &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \\ &= \sqrt{0.005^2 + 0.008^2} \\ &= 0.0094\end{aligned}$$

那么 6 σ 的规格是:

$$3.110 \pm 6\sigma = 3.110 \pm 6 \times 0.0094 = (3.054, 3.166)$$

2. 如果两个部件是相关的, 那么平面的等式亦成立。

$u_{x+y} = u_x + u_y$	$x + y$ 的平均值
$u_{x-y} = u_x - u_y$	$x - y$ 的平均值
$\sigma_{x+y}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2\text{COV}(x, y)$	$x + y$ 的方差
$\sigma_{x-y}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2\text{COV}(x, y)$	$x - y$ 的方差

方差的均方根方程 (RSS) 是:

$$\begin{aligned}\sigma_{x+y} &= \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2\text{COV}(x, y)} \\ \sigma_{x-y} &= \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2\text{COV}(x, y)}\end{aligned}$$

COV (x, y) 是表示两个变量 x, y 之间的相关性。

$$\text{COV}(x, y) = \rho\sigma_x\sigma_y$$

ρ 是相关系数, ρ 在 -1 和 1 之间。

$\rho = 0$ 不相关

$\rho = 1$ 是正相关

$\rho = -1$ 是负相关

γ 是一个对 ρ 评估的系数, 它可用 Minitab 和 Excel 计算出来:

$$\gamma = \frac{\sum [(X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{[\sum (X_i - \bar{X})^2] [\sum (Y_i - \bar{Y})^2]}}$$

- 用 Minitab 菜单: Stat > basic statistics > Correlation
- 用 Excel "Correl" 功能函数计算。

【例 2】 假设例 1 的两个部件是相关的, 且相关系数为 0.71, 那么这两个部件的 RSS 如何呢?

$$\begin{aligned}u_1 &= 1.010", & \sigma_1 &= 0.005" \\ u_2 &= 2.100", & \sigma_2 &= 0.008"\end{aligned}$$