

六西格玛管理系列丛书

# 六西格玛 核心教程

## 黑带读本

上海质量管理科学研究院

编著

唐晓芬

主编



中国标准出版社

六西格玛管理系列丛书

J273.2-43  
S3/aa

# 六西格玛 核心教程

## 黑带读本

上海质量管理科学研究院 编著  
唐晓芬 主编



A1031542

中国标准出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

六西格玛核心教程:黑带读本/上海质量管理科学研究院编著. —北京:中国标准出版社,2002.11  
(六西格玛管理系列丛书)  
ISBN 7-5066-2972-0

I. 六… II. 上… III. 质量管理 - 教材  
IV. F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 082539 号

中国标准出版社出版  
北京复兴门外三里河北街 16 号  
邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 31¼ 字数 578 千字  
2002 年 11 月第一版 2002 年 11 月第一次印刷

\*

印数 1 - 3 000 定价 70.00 元

网址 [www.bzcs.com](http://www.bzcs.com)

版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68533533

中国工程院院士

国际质量科学研究院院士

上海质量管理科学研究院首席研究员

刘源张

美国人喜欢不断地创新,而6SIGMA正是美国人在全面质量管理发展基础上“创新”的产物。朱兰、费根堡姆于20世纪60年代提出了全面质量管理的概念。他们提出,为了生产具有合理成本和较高质量的产品,以适应市场的要求,只注意个别部门的活动是不够的,需要对覆盖所有职能部门的质量活动进行策划。

戴明、朱兰、费根堡姆的全面质量管理理论在日本被普遍接受,日本企业归纳了全面质量控制的质量管理方法。统计技术,特别是“因果图”、“流程图”、“直方图”、“检查表”、“散布图”、“排列图”、“控制图”等被称为“老七种”工具的方法,被普遍用于质量改进和质量控制。20世纪80年代,随着经济全球化的进程,顾客要求不断变化,美国人又把TQC发展到TQM。

许多“世界级”企业的成功经验证明,全面质量管理(TQM)是一种使企业获得核心竞争力的管理战略。质量的概念也从狭义的符合规范发展到以“顾客满意”为目标。全面质量管理不仅提高了产品与服务的质量,而且在企业文化打造与重组的层面上,对企业产生深刻的影响,使企业获得持久的竞争能力。但是,由于时代发展和科技进步,原来的以百分比来评

价质量已经不能完全反映质量要求。质量管理需要一种新的理念和更有号召力的质量改进方式,正是在这种情况下,6SIGMA应运而生。

6SIGMA 最初的含义是建立在统计学中最常见的正态分布基础上的,它考虑了1.5 倍的漂移,这样落在6SIGMA 外的概率只有百万分之三点四(3.4 ppm),即一百万次出差错的机会中,只有3.4 次发生的可能,其实质就是不要做错,建立做任何事一开始就要成功的理念。

虽然6SIGMA 是新诞生的一种理论,但其中的很多方法原先就有,只是给予了新的内涵并加以实践。6SIGMA 注意发现潜在的、隐藏的问题。它不是事后发现问题,再采取措施,而是去寻找潜在的、可能的问题,预先处理,不给它发生的机会。

6SIGMA 开始主要针对制造业,通过数据收集、研究分布规律,利用正态分布分析它可能产生的缺陷数。以后逐渐发展到其他所有的过程,包括服务业。

企业推行6SIGMA,首先要说服领导,只有领导支持,搞6SIGMA 才会有成功的可能。对领导的培训不是要他们掌握6SIGMA 理论与方法,而是让领导们明白6SIGMA 能带给企业的好处以及企业推行6SIGMA 的必要性。6SIGMA 十分重视统计方法,但是统计方法不是6SIGMA 的全部。6SIGMA 的目的是解决问题,而不是要得到一个最终的统计数据。不管采用什么方法,重要的是结合实际。另外,解决问题过程中,要注意能简则简,如果一个问题用简单的方法就能解决,就不要复杂化。

上海质量管理科学研究院从1998 年开始学习、跟踪和研究6SIGMA 理论和应用,经过几年来的探索和实践,已经逐步形成了一套既符合6SIGMA 管理要求,又适合国内企业实际的6SIGMA 培训教材,并通过对十多个企业的咨询指导,取得了一定的经验。希望在此基础之上编写的《六西格玛管理系列丛书》,对6SIGMA 的研究和实践能够起到推广和充实的作用,摸索出结合中国实际的6SIGMA 管理的新路子。

谨此为序。

# 前 言

黑带(Black Belt)是六西格玛管理的骨干力量,作为六西格玛管理的项目主管必需具备全面的六西格玛理论知识和相当基础的统计技术。本书根据国外黑带培训的经验和六西格玛管理理论的最新成果,结合我们近几年的实践体会,为培训黑带编写了这本教程。

作为《六西格玛管理系列丛书》的黑带读本,本书涵盖了许多六西格玛管理必需的、基础的工具和技术,通过DMAIC(界定、测量、分析、改进、控制)五个步骤的描述,提供了黑带领导一个团队开展六西格玛管理所需要的必要的信息、知识和技术;并以简练的格式、众多的数据表格、清单和工作表等形式编写,具有很强的可操作性。对如何运用六西格玛方法识别需要改进的产品和过程,如何运用有效的方法改进业绩、提高顾客满意度和降低成本,本书以较详尽的案例做了示范性的解释和说明。除了培训黑带外,本书还可以作为六西格玛管理团队其他成员的参考资料。

本书由茆诗松、周纪芴、王金德、张军风、金莹等同志编写,王志陵、王进等同志提供了资料。唐晓芬、邓绩、金国强等为本书的编写提供了指导并做了修改。

上海质量管理科学研究院

2002年9月

# 目 录

## ◇ 第一篇 概述

---

第 1 章 6SIGMA 管理三部曲 .....	4
1.1 6SIGMA 组织 (OFSS) .....	4
1.1.1 6SIGMA 组织成员 .....	5
1.1.2 6SIGMA 团队的组建 .....	12
1.2 6SIGMA 策划 (PFSS) .....	15
1.2.1 项目选择原则 .....	15
1.2.2 项目选择评价原则 .....	16
1.2.3 项目选择评价程序 .....	17
1.3 6SIGMA 改进 (IFSS) .....	20
1.3.1 DMAIC——解决问题的模型 .....	20
1.3.2 DMAIC 过程活动 .....	21

## ◇ 第二篇 界定

---

第 2 章 特许任务书 .....	27
2.1 经营情况分析 .....	27

2.2	问题/机会和目标的陈述 .....	28
2.2.1	问题/机会的陈述 .....	28
2.2.2	目标陈述 .....	29
2.3	项目范围、约束和假定 .....	31
2.3.1	项目范围 .....	31
2.3.2	约束和假定 .....	31
2.4	团队的使命和任务 .....	32
2.4.1	团队的使命 .....	32
2.4.2	团队的任务 .....	33
2.5	预期的项目计划 .....	33
2.5.1	制定项目计划工作表 .....	33
2.5.2	编制项目甘特图 .....	34
2.6	确定重要“股东” .....	34
<b>第 3 章</b>	<b>确定顾客需求 .....</b>	<b>36</b>
3.1	顾客满意 .....	36
3.1.1	顾客与顾客满意 .....	36
3.1.2	Kano 模型 .....	37
3.2	顾客需求 .....	38
3.2.1	产品需求和服务需求 .....	39
3.2.2	输出需求和需求陈述 .....	40
3.2.3	需求分析排序和确定关键质量特性 .....	41
3.3	顾客之声 (VOC) .....	43
<b>第 4 章</b>	<b>过程分析 .....</b>	<b>45</b>
4.1	过程和价值链 .....	45
4.1.1	过程类型 .....	45
4.1.2	价值链 .....	46
4.2	高层次过程图 (SIPOC 图) .....	47
4.2.1	SIPOC 图 .....	47
4.2.2	详细的过程流程图分析 .....	47
4.3	关键过程输入和输出变量 .....	49



4.3.1	关键过程输出变量	49
4.3.2	关键过程输入变量	50
<b>第 5 章</b>	<b>劣质成本分析</b>	<b>52</b>
5.1	6SIGMA 质量的经济性特征	52
5.1.1	6SIGMA 质量的含义	52
5.1.2	6SIGMA 质量的意义	53
5.1.3	6SIGMA 核心特征	54
5.2	劣质成本	55
5.2.1	劣质成本(COPQ)	57
5.2.2	劣质成本构成	58
5.2.3	符合性成本	63
<b>第 6 章</b>	<b>SIGMA 质量水平</b>	<b>64</b>
6.1	6SIGMA 质量的统计定义	64
6.1.1	规格界限	64
6.1.2	正态分布	65
6.1.3	SIGMA 质量水平	66
6.2	6SIGMA 质量的质量方法	67
6.2.1	DPU 和 DPMO	67
6.2.2	合格率和流通合格率(RTY)	69
◇	<b>第三篇 测量</b>	
<hr/>		
<b>第 7 章</b>	<b>流程图</b>	<b>77</b>
7.1	流程图中使用的符号	77
7.2	流程图的分类	79
7.2.1	概要流程图(high - level flow diagram)	79
7.2.2	细化流程图(detailed flow diagram)	81
7.3	流程图的形式	82
7.3.1	上下流程图	82

## 目 录

7.3.2	矩阵流程图 .....	83
7.3.3	“前后”流程图——航空公司购票过程 .....	83
7.4	流程图的作用 .....	85
7.4.1	理解过程 .....	85
7.4.2	改造过程 .....	85
7.5	流程图的应用实例——电讯服务中的循环 .....	86
7.6	使用流程图时应注意防止的错误 .....	88
<b>第 8 章</b>	<b>正态分布与正态概率纸 .....</b>	<b>90</b>
8.1	总体与样本 .....	90
8.1.1	总体可用分布描述 .....	90
8.1.2	样本 .....	91
8.1.3	统计量 .....	93
8.1.4	抽样分布 .....	95
8.2	正态分布 .....	98
8.2.1	正态分布形成的原因 .....	98
8.2.2	标准正态分布 .....	100
8.2.3	不合格品率的计算 .....	102
8.2.4	为什么 $6\sigma$ 相当于 3.4 ppm .....	106
8.3	直方图 .....	109
8.3.1	直方图的构造 .....	109
8.3.2	偏态分布形成原因 .....	112
8.3.3	数据变换 .....	116
8.4	正态概率纸 .....	118
8.4.1	正态概率纸 .....	118
8.4.2	用正态概率纸做正态性检验 .....	119
8.4.3	用正态概率纸估计正态均值与正态标准差 .....	120
8.4.4	用正态概率纸估计不合格品率 .....	121
8.4.5	非正态数据在正态概率纸上的形态 .....	121
<b>第 9 章</b>	<b>过程能力分析 .....</b>	<b>125</b>
9.1	过程能力指数 (PCI) $C_p$ .....	125

9.1.1	基本假设	125
9.1.2	过程能力	125
9.1.3	过程能力指数 $C_p$	126
9.1.4	$C_p$ 与不合格品率之间的关系	127
9.1.5	$C_p$ 的估计	128
9.1.6	不同过程能力指数 $C_p$ 在正态概率纸上的形态	129
9.2	实际过程能力指数 $C_{pk}$	130
9.2.1	$C_p$ 的缺点	130
9.2.2	实际过程能力指数 $C_{pk}$	132
9.2.3	$C_{pk}$ 的三种形式	132
9.2.4	$C_{pk}$ 的估计	133
9.2.5	$C_{pk}$ 与不合格品率 $p$ 间的关系	135
9.3	过程性能指数 $P_p$ 与 $P_{pk}$	136
9.3.1	引言	136
9.3.2	过程性能	136
9.3.3	$s$ 的计算	137
9.3.4	转换因子	140
9.3.5	过程性能指数	140
9.4	小结	141
<b>第 10 章</b>	<b>测量系统分析</b>	<b>143</b>
10.1	测量系统	143
10.1.1	测量系统	143
10.1.2	表征数据质量的统计指标	144
10.2	测量系统的基本要求	146
10.2.1	测量系统要有足够的分辨力	146
10.2.2	测量系统在规定的时间内要保持统计稳定性	148
10.2.3	测量系统要具有线性	149
10.3	测量系统的波动	150
10.3.1	重复性(repeatability)	151
10.3.2	再现性(reproducibility)	152
10.3.3	零件之间的变差	154

10.3.4	测量数据总变差的分解公式 .....	155
10.3.5	量具 R&R 的实例 .....	155
<b>第 11 章</b>	<b>失效模式及后果分析(FMEA)</b> .....	<b>159</b>
11.1	什么是 FMEA .....	159
11.1.1	名词解释 .....	159
11.1.2	FMEA 的内容 .....	160
11.1.3	FMEA 简史 .....	160
11.2	怎样进行 FMEA .....	162
11.2.1	确定项目和团队 .....	162
11.2.2	收集有关资料,掌握分析对象 .....	163
11.2.3	估计潜在失效模式、后果及其严重度(S) .....	164
11.2.4	分析潜在失效的起因及其发生的频度(O) .....	164
11.2.5	说明现行控制措施和评估不易探测度(D) .....	165
11.2.6	计算事先风险数(RPN) .....	166
11.2.7	提出纠正措施和预防措施 .....	166
11.2.8	验证措施的有效性——计算纠正后的 RPN .....	167
11.2.9	FMEA 报告 .....	167
11.2.10	应用举例 .....	167
◇	<b>第四篇 分析</b>	
<hr/>		
<b>第 12 章</b>	<b>常用的图工具</b> .....	<b>175</b>
12.1	排列图(pareto chart) .....	175
12.1.1	排列图的概念 .....	175
12.1.2	排列图的做法 .....	175
12.1.3	应用例子 .....	177
12.2	因果图(cause-effect diagram) .....	179
12.2.1	头脑风暴法与因果图 .....	179
12.2.2	建立因果图所要考虑的方面 .....	181
12.3	茎叶图(stem-and-leaf) .....	182

12.3.1	茎叶图的做法 .....	182
12.3.2	背靠背茎叶图 .....	184
12.4	箱线图 .....	184
12.4.1	箱线图的做法 .....	185
12.4.2	箱线图在比较中的作用 .....	185
<b>第 13 章</b>	<b>点估计与置信区间</b> .....	<b>187</b>
13.1	参数的点估计 .....	187
13.1.1	点估计及其无偏性 .....	187
13.1.2	正态总体参数的无偏估计 .....	187
13.2	置信区间的概念 .....	189
13.3	分位数的概念 .....	190
13.3.1	标准正态分布的分位数 .....	190
13.3.2	其他分布的分位数 .....	191
13.4	正态总体参数的置信区间 .....	192
13.4.1	正态总体均值 $\mu$ 的 $1 - \alpha$ 置信区间的求法 .....	192
13.4.2	正态总体方差 $\sigma^2$ 与标准差 $\sigma$ 的 $1 - \alpha$ 置信区间的求法 .....	194
13.5	比例 $p$ 的置信区间 .....	195
13.6	单侧置信限 .....	196
13.6.1	单侧置信限的概念 .....	196
13.6.2	单侧置信限的求法 .....	196
<b>第 14 章</b>	<b>假设检验</b> .....	<b>198</b>
14.1	假设检验的基本概念与步骤 .....	198
14.1.1	假设检验问题 .....	198
14.1.2	基本概念与步骤 .....	198
14.2	正态总体参数的假设检验 .....	201
14.2.1	关于 $\mu$ 的显著性水平为 $\alpha$ 的检验 ( $\sigma$ 已知时) .....	201
14.2.2	关于 $\mu$ 的显著性水平为 $\alpha$ 的检验 ( $\sigma$ 未知时) .....	202
14.2.3	关于 $\sigma^2$ 的显著性水平为 $\alpha$ 的检验 .....	203
14.2.4	例子 .....	204

14.3	$p$ 值——另一个判断准则 .....	206
14.4	两个正态总体的比较 .....	207
14.4.1	一个例子 .....	207
14.4.2	两个正态均值比较的检验 .....	208
14.4.3	两个正态方差比较的检验 .....	210
14.5	成对数据比较 .....	212
14.6	有关比例 $p$ 的假设检验 .....	214
14.6.1	关于一个比例的检验 .....	214
14.6.2	关于两个比例比较的检验 .....	214
<b>第 15 章</b>	<b>列联表</b> .....	<b>216</b>
15.1	列联表的概念 .....	216
15.2	列联表的独立性检验 .....	217
<b>第 16 章</b>	<b>方差分析</b> .....	<b>221</b>
16.1	单因子方差分析 .....	221
16.1.1	问题 .....	221
16.1.2	几个概念 .....	221
16.1.3	单因子方差分析的模型 .....	222
16.1.4	平方和分解 .....	223
16.1.5	自由度与均方和(平均偏差平方和) .....	223
16.1.6	$F$ 比与拒绝域 .....	224
16.1.7	方差分析表 .....	224
16.1.8	方差分析的具体步骤 .....	225
16.1.9	重复数不同的单因子方差分析 .....	226
16.2	两因子方差分析 .....	228
16.2.1	问题 .....	228
16.2.2	交互作用 .....	229
16.2.3	无交互作用时的两因子方差分析 .....	229
16.2.4	有交互作用时的两因子方差分析 .....	231
<b>第 17 章</b>	<b>回归分析</b> .....	<b>235</b>
17.1	相关关系与相关系数 .....	235

17.1.1	相关关系 .....	235
17.1.2	相关系数 .....	236
17.1.3	相关系数 $r$ 的性质与示意图 .....	237
17.1.4	相关系数的检验 .....	239
17.2	一元线性回归 .....	240
17.2.1	模型 .....	240
17.2.2	回归系数的最小二乘估计 .....	240
17.2.3	计算步骤 .....	241
17.2.4	回归方程的显著性检验 .....	241
17.2.5	利用回归方程做预测 .....	242
17.2.6	利用回归方程做控制 .....	244
17.3	可化为一元线性回归的非线性回归 .....	245
17.3.1	问题 .....	245
17.3.2	确定曲线回归方程形式 .....	246
17.3.3	曲线回归方程中参数的估计 .....	248
17.3.4	曲线回归方程的比较 .....	249
17.4	多元线性回归 .....	250
17.4.1	问题与模型 .....	250
17.4.2	回归系数的最小二乘估计 .....	251
17.4.3	回归方程的显著性检验 .....	253
17.4.4	对回归系数的显著性检验 .....	254
17.4.5	利用回归方程进行预测 .....	255
17.4.6	统计软件的应用 .....	256

## ◇ 第五篇 改进

第 18 章	正交试验设计 .....	265
18.1	概述 .....	265
18.1.1	试验设计的必要性 .....	265
18.1.2	正交表 .....	266
18.2	无交互作用的正交设计与数据分析 .....	266

18.2.1	试验的设计 .....	267
18.2.2	进行试验和记录试验结果 .....	268
18.2.3	数据的直观分析 .....	269
18.2.4	数据的方差分析 .....	271
18.2.5	因子的贡献率 .....	274
18.2.6	验证试验 .....	274
18.3	有交互作用的正交设计与数据分析 .....	275
18.3.1	试验的设计 .....	275
18.3.2	数据的方差分析 .....	277
18.3.3	最佳条件的选择 .....	278
18.4	避免混杂现象——表头设计的一个原则 .....	278
18.5	有重复试验的情况 .....	280
18.5.1	数据分析 .....	280
18.5.2	几点补述 .....	283
18.6	水平数不等时的试验设计方法 .....	284
18.6.1	直接选用混合水平正交表 .....	284
18.6.2	并列法 .....	286
18.6.3	拟水平法 .....	289
<b>第 19 章</b>	<b>回归设计 .....</b>	<b>291</b>
19.1	基本概念 .....	291
19.2	一次回归的正交设计 .....	292
19.2.1	试验的设计 .....	292
19.2.2	数据分析 .....	294
19.2.3	零水平处的拟合检验 .....	298
19.2.4	一次回归正交设计的一个性质——旋转性 .....	298
19.3	二次回归的中心组合设计 .....	299
19.3.1	中心组合设计方案 .....	299
19.3.2	二次回归的正交设计 .....	301
19.3.3	二次回归的旋转设计 .....	301
19.3.4	一个例子 .....	302



<b>第 20 章 质量功能展开</b> .....	307
20.1 质量屋 .....	307
20.1.1 质量功能展开的含义 .....	307
20.1.2 质量屋的构成 .....	308
20.2 质量功能展开的程序 .....	309
20.2.1 顾客需求展开 .....	310
20.2.2 确定关键质量需求 .....	310
20.2.3 技术需求展开 .....	312
20.2.4 编制质量表 .....	313
20.2.5 关键质量特性确定(输出质量设定) .....	314
20.2.6 质量功能展开的并行原理 .....	317
◇ <b>第六篇 控制</b>	
<hr/>	
<b>第 21 章 常规控制图</b> .....	324
21.1 控制图的原理 .....	324
21.1.1 控制图的基本原理 .....	324
21.1.2 过程 .....	324
21.1.3 波动与分布 .....	325
21.1.4 正常波动与异常波动 .....	326
21.1.5 行动 .....	328
21.1.6 控制图的构造 .....	330
21.1.7 中心极限定理 .....	331
21.1.8 两类错误及其发生概率 .....	333
21.1.9 常规控制图类型 .....	335
21.2 计量控制图 .....	336
21.2.1 一般指南 .....	336
21.2.2 四对计量控制图的控制限 .....	338
21.2.3 $\bar{x} - R$ 图 .....	339
21.2.4 $\bar{x} - MR$ 图 .....	346