

清华质量科学丛书②

Mc  
Graw  
Hill Education

# 六西格玛(6 $\sigma$ )手册

(美) Thomas Pyzdek 著  
孙 静 译

绿带、黑带  
和各级经理  
指南

Mc  
Graw  
Hill

清华大学出版社

清华质量科学丛书 ②

# 六西格玛(6 $\sigma$ )手册:

(美) Thomas Pyzdek 著

孙 静 译

绿带、黑带  
和各级经理  
指南

清华大学出版社  
北 京

Thomas Pyzdek

**The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts and Managers at All Levels**

EISBN: 0-07-137233-4

Copyright © 2001 by the McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by the McGraw-Hill Companies. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition published by Tsinghua University Press.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司授权清华大学出版社独家出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司激光防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2001-3463

#### 图书在版编目(CIP)数据

六西格玛(6σ)手册: 绿带、黑带和各级经理指南/(美)派兹德克著;孙静译. —北京: 清华大学出版社, 2002

(清华质量科学丛书)

书名原文: The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts and Managers at All Levels

ISBN 7-302-06196-3

I. 六… II. ①派… ②孙… III. 质量管理—手册 IV. F273.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 093793 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑: 江 娅

印刷者: 清华大学印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开本: 787×960 1/16 印张: 28 字数: 578 千字

版次: 2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-302-06196-3/F·466

印数: 0001~5000

定 价: 48.00 元

# 译者序

● 六西格玛(6 $\sigma$ )手册

20世纪末,世界舞台风云际会。在这众多强者中,有一家企业、有一个人越来越受到世人瞩目,这就是通用电气公司(GE)和它的前任首席执行官杰克·韦尔奇。杰克·韦尔奇以他传奇般的经历引领着百年老店 GE 继续创造着辉煌。尤其在 IT 泡沫破裂,网络冬天来临,欧美经济受到冲击,人们信心摇摆不定之际,GE 的成功愈显出其不可替代的重要意义。

伴随着韦尔奇和通用电气逐渐为中国人、中国读者所了解,一个新名词、新概念开始在中国的经理层流传,这就是六西格玛。六西格玛犹如带着神秘微笑的蒙娜丽莎,引人无限遐想,却又着实令中国人困惑。

韦尔奇称六西格玛是在做质量。可是中国人从 20 世纪 70 年代末就在大力提倡质量,虽然今天产品和服务的质量水平与 20 年前已不可同日而语,但是,黑心棉、假酒、染色大米仍严重威胁着人们的日常生活,顾客不得不把自己磨练得火眼金睛,拿出怀疑一切甚至打倒一切的态度来面对众多的日常品,以保护自己 and 家人的健康。生活竟成为一件艰难的事情,更何况质量?今天,竟然有人敢宣称通过质量为企业带来勃勃生机,怪事?!

搞质量的人员都知道,一提起质量,最常见的评价指标就是不合格品率、缺陷率。可是,韦尔奇竟然宣称六西格玛给 GE 带来了巨大的经济效益。《商业周刊》认为,通用电气的六西格玛实施是一个令人诧异的成功,它的实施取得了比韦尔奇的最初预想要大得多的成就。1997 年,六西格玛为通用电气带来的效益达到 3.2 亿美元,是韦尔奇预想中目标 1.5 亿美元的两倍多!

六西格玛真有这么神奇吗?在一个市场资本金达 3 000 多亿美元的公司,实施六西格玛,天方夜谈!,可是,毕竟 GE 成功了,韦尔奇也成功了。六西格玛到底是什么?它为什么能够帮助企业获得经济效益?六西格玛在企业中实施的途径是什么?诸多的问题摆在中国读者面

前,《六西格玛手册——绿带、黑带和各级经理指南》一书为我们从理念到具体的工具方法都提供了全面系统的介绍。为此,我很高兴地把它推荐给大家。

本书可作为高等院校质量管理专业研究生、本科生的教材和自学参考书,这亦是一本很系统的绿带、黑带的培训教材,可供各种管理人员作为日常使用手册。

在此,我要感谢周殊、于岚、张克长等同志在本书翻译过程中所做的大量工作以及清华大学出版社编辑们的艰苦努力,感谢国家自然科学基金委员会对质量研究的大力支持。谨以此书作为本人专著《接近零不合格过程的质量控制——实现六西格玛质量的途径》的姐妹篇奉献给读者。

2002年12月30日

于清华园

# 序 言

● 六西格玛(6 $\sigma$ )手册

1988年,当鲍勃·高尔文(Bob Galvin)接受颁发给 Motorola 公司的第一届马尔克姆·波多里奇美国国家质量奖(Malcolm Baldrige National Quality Award)时,曾简单地介绍了六西格玛。当时在座的包括波多里奇奖的评委们,我们中的许多人都确信我们已经了解高尔文先生所讲的内容。作为听众中的一员,我认为他在讲统计过程控制、过程能力、满足要求等等,这些都是质量工程师多年来一直在倡导的内容。质量工程师和统计学家一致认为“过程能力”简单地说就是“正、负三西格玛”。控制在这个水平上的过程,由于偶然原因会产生比例不大的次品,但是,一般认为是可接受的。20世纪80年代,美国的汽车公司使得过程能力的定义更为严格,成为正、负四西格玛,这样缺陷率降至千分之几的水平。高尔文先生所提出的六西格玛,在我看来,似乎是对一种经过检验的可靠的统计方法的小改进。

我错了。

只就我而言,将 Motorola 的项目与传统的过程控制方法相联系,严重地混淆了一个事实:鲍勃·高尔文所叙述的是全新的事物。Motorola 公司所提出并加以应用的六西格玛,它完全有资格作为一个新的主题,并有力地扩展了制造过程统计控制的旧理念。两者之间的统计差异是惊人的。六西格玛过程只出现百万分之几(PPM)或十亿分之几(PPB)水平的失败,而旧的三西格玛过程的失败水平为千分之几,两者相差三至六个数量级,这具有深远意义。在科学领域,这样大幅度的差异有资格使一个主题成为一门新的学科,正如从对神经元的研究到对人类心理学的研究。

简言之,六西格玛不仅仅是对三西格玛质量水平的旧理念的调整,它是全新的事物。Motorola 的高层经理们把质量作为战略武器,使得他们的公司成功地实现如此高水平的质量,而不是简单地把质量看作成本控制的工具。然而,要实现这个目标,他们一定要将质量的观念扩

展,超越制造的范畴。六西格玛成为全组织中做事情的一种方式。而这项任务更艰巨,远比简单地改进对制造或装配过程的控制困难得多。它要求转变组织看待环境的方式和组织在环境中的作用。一个接受了六西格玛的组织,从根本上讲,已经不同于一个传统的组织。它对于相同的刺激会有不同的反应,它所关注的事物可能是其他组织忽视的,它所忽视的事物可能是其他组织关注的。

从本质上讲,六西格玛是一种管理企业的新方式。虽然六西格玛具有很强的技术成分,但是,六西格玛绝不仅是一个技术项目。它是一个管理项目。任何一个没有谨记这最重要的一点的组织,在成为世界一流组织的努力中注定要失败。



# 前言

● 六西格玛(6 $\sigma$ )手册

本书的目的是：为您实现六西格玛的承诺，提供必需的指导及方法，同时避免一些常见的陷阱和可能遇到的困难。本书将全面地介绍六西格玛的管理和组织、六西格玛所基于的理念以及六西格玛常用的解决问题的技术和统计工具。

本书在第1章讨论了领导问题。遗憾的是，本书无法提供 Bob Galvin 和 Jack Welch 那样的领导能力，也无法替代达到黑带或主黑带的技术熟练程度所要求的多年的学习和工作经验。然而，有高层管理人员的承诺和员工的努力，本书提供的信息可以帮助你的组织实现世界级运营的目标。

领导六西格玛，关键是要认识到：六西格玛主要是一种新的管理方法，而不是技术项目。六西格玛的目的是具有挑战性的——每两三年改进质量 100 倍——因此，要建立一种完全不同的商业运作方法。的确，六西格玛涉及到相当多的技术内容。但是，世界上所有的专业技术知识都不能产生这样的效果，除非工作环境能够接受六西格玛所倡导的理念和变革。

六西格玛也可以被看作为一种创造性的项目。六西格玛团队的任务是发现新的、更好的工作方法。常常，组织面对的最大障碍是处理创造性带来的破坏。只因为发现了更好的方法，而要放弃舒适的常规工作程序和现有工艺技术上的投资，这是很困难的。然而，这恰恰是六西格玛所要求的。六西格玛领导的主要责任就是使“创造性破坏”能够活跃地开展。

第1章叙述了领导者所面对的“六西格玛组织的悖论”，即要在组织中鼓励变化、松懈和冗余，而同时努力消除过程中的变化、松懈和冗余。本章还包括六西格玛要求的各种水平的技术熟练程度，以及选择六西格玛培训人员的标准，并讨论了六西格玛与信息系统之间的相互关系。



第2章介绍了为六西格玛培训人员设计的一种综合方法所需要的素材。

第3章叙述了以顾客为中心的组织的基本原理。六西格玛要求严格以顾客为中心、以数据为基础,仅仅陈词滥调是不够的。术语“六西格玛”的统计含义只是相对于旧的三西格玛质量水平而言,六西格玛关注顾客的满意。进而,讨论了确定顾客的要求,以及将顾客的要求转变为内部的规范。第3章的结尾综观商业过程的顺序性以及实际上对完美的过程性能的需要,以确保顾客感受到六西格玛的质量水平。

第4章考察了度量的原理和度量如何应用于六西格玛的问题,特别强调了财务上的度量。

第5章讨论了六西格玛项目的管理。项目是六西格玛活动中的基本单元。它是把领导层的远景变为现实的工具,要深入考虑项目管理的每一个方面。

第6章概述了良好测量的基本原理,包括“硬”和“软”的测量,这反映了对六西格玛性能水平的认识,需要量化诸如顾客的满意程度、美感以及产品和过程的物理性质等因素。

第7章讨论了六西格玛中常用的解决问题的工具,包括:调查表、帕累托分析、因果图、散点图、流程图以及许多其他的工具。第7章的重点是分析的描述性方法。描述性方法可以对个体或小组进行定位。在分析和解决问题的阶段,对机会的性质和范围有一个全面的认识是至关重要的。随后,进行了初步数据分析(EDA)的讨论。描述性方法应用于原始数据,EDA则可通过数据变化重新表达这些数据,并在信息丢失最少的情况下,以简单的图表方法总结这些数据。从总结中常常要比从原始数据中更易获得信息。

第8章包括了中级水平的统计工具的使用。本章从对枚举统计方法和分析统计方法的讨论开始,叙述了如假设检验、置信区间和均值、方差、标准差的检验等枚举统计方法,最后介绍了控制图这一分析统计工具,包括:计数控制图和计量控制图,指数加权滑动平均(EWMA)控制图以及短期、小批量生产过程的控制。

第9章覆盖了六西格玛中较高级的议题,包括:实验设计(DOE)、反应表面方法(RSM)、卡方列联表以及交叉表分析。本书在写作时努力确定对这些高级议题的讨论如何划定界限。这些议题既广泛又深刻,足以装满整个书架。对于常见程序中用到数学方法,本书采取的方法是尽量少涉及数学方面的细节问题,而是采用读者容易理解的计算机程序(例如:Microsoft Excel)和其他专用的软件来提供示例。当今,作为一名认真的高级六西格玛技术的使用者,是不可能不使用统计软件的。本章还简单叙述了神经网络在系统建模中的应用,并讨论了与实验设计相关联的使用。

第9章还概略地介绍了与六西格玛有关的可靠性工程,包括:使用指数分布的串联系统的可靠性计算,可靠性分配,系统的计算机模拟。本章介绍了风险评估工具,包括:FMEA和故障树分析。还讨论了产品安全问题,介绍了安全性的计算。最后,讨论统计容差问题。

注意:并不是所有的人都要求掌握本书全部的内容。领导层应当熟悉第1、2、3、4章

的内容和第 6 章的测量部分。除此之外,六西格玛盟主还应当了解第 5 章的内容。六西格玛小组的成员应当熟悉第 5 章和第 6 章解决问题的工具。“绿带”员工应当了解第 5 章和第 6 章的所有内容。“黑带”应当熟悉全部的内容,以及如何使用计算机应用统计方法解决常见的问题。“主黑带”应当了解统计方法的数学原理,能够帮助黑带员工在遇到特殊情况时,使用正确的解决方法。只要可能,统计培训应当由主黑带进行指导。否则,将会发生常见的“误差传递”现象,即“黑带”员工把误差传递给“绿带”员工,“绿带”员工把更大的误差传递给小组成员。如果需要对“黑带”员工和“绿带”员工进行培训,那么,他们只能在“主黑带”员工的指导下进行。例如,“黑带”员工可能要求“主黑带”在课堂讨论和项目中给予帮助。鉴于“主黑带”人员的职责所在,所以,在选择候选人时,应在评定技术能力的同时,评定其沟通和培训的能力。具有高级统计和计算能力但缺乏沟通能力的人员,虽仍可起到重要作用,但是他们不应当成为“主黑带”,除非他们的沟通、培训技能和其他技能一起都获得通过。

# 目 录

● 六西格玛(6 $\sigma$ )手册

译者序 .....	I
序言 .....	III
前言 .....	V
<b>第 1 章 六西格玛的领导</b> .....	1
1.1 相关案例研究 .....	1
1.1.1 六西格玛在摩托罗拉 .....	1
1.1.2 六西格玛在通用电气 .....	2
1.2 创造力和六西格玛 .....	4
1.2.1 学习模型 .....	5
1.3 六西格玛的技术组成 .....	13
1.3.1 资格 .....	14
1.4 信息系统的要求 .....	14
1.4.1 整合六西格玛与信息系统技术 .....	15
1.4.2 在线分析处理、数据挖掘与六西格玛 .....	18
1.5 六西格玛的就绪程度评估 .....	19
1.5.1 组织质量文化评估 .....	19
1.5.2 调查和重点小组 .....	19
1.6 变革执行人及其对组织的影响 .....	30
1.6.1 变革的管理 .....	30
1.6.2 角色 .....	31
1.6.3 变革执行人的工作 .....	32
1.7 六西格玛团队 .....	36
1.7.1 过程改进团队 .....	36
1.7.2 工作组 .....	37
1.7.3 自我管理团队 .....	38

1.7.4	协助技术 .....	39
1.7.5	成员的作用和职责 .....	45
1.7.6	业绩评估 .....	47
1.7.7	对团队的认可和奖赏 .....	48
<b>第2章</b>	<b>六西格玛培训和教育 .....</b>	<b>51</b>
2.1	自上而下地支持和制定质量培训战略计划的重要性 .....	53
2.2	培训的各项子内容和主题 .....	54
2.2.1	管理培训——通用质量原则 .....	54
2.2.2	雇员培训——质量计划的执行 .....	58
2.2.3	协助者培训 .....	59
2.3	培训需求分析 .....	60
2.4	培训后的评估和强化 .....	61
2.5	工具 .....	64
2.5.1	讲座、业务手册、案例教学和在职培训 .....	64
2.5.2	培训技术的使用 .....	80
<b>第3章</b>	<b>六西格玛的原理 .....</b>	<b>82</b>
3.1	顾客驱动型组织的组成元素 .....	82
3.1.1	向顾客驱动型和市场驱动型的企业转变 .....	83
3.1.2	转型组织的组成元素 .....	85
3.2	六西格玛与三西格玛 .....	86
3.3	卡诺的顾客期望模型 .....	88
3.3.1	顾客期望、优先权、需求和“顾客的声音” .....	88
3.3.2	六西格玛只解决了卡诺顾客满意模型的部分问题 .....	89
3.3.3	质量机能展开把顾客需求和内部规范联系起来 .....	90
3.3.4	数据收集以及对顾客期望、需求和规范的审核 .....	93
<b>第4章</b>	<b>六西格玛的组织业绩目标和度量 .....</b>	<b>94</b>
4.1	度量尺度应具有的特征 .....	94
4.2	财务分析 .....	96
4.2.1	货币的时间价值 .....	96
4.2.2	质量成本 .....	101
4.2.3	计算保住顾客的价值 .....	113

<b>第 5 章 六西格玛项目的管理</b> .....	116
5.1 计划 .....	118
5.1.1 综合质量的开端.....	119
5.1.2 短期和长期的质量计划和目标.....	120
5.1.3 反馈环.....	122
5.1.4 业绩测量.....	123
5.1.5 相关受益人.....	135
5.1.6 水平对比.....	136
5.1.7 预算.....	140
5.1.8 收益成本分析.....	141
5.2 项目管理实施 .....	144
5.2.1 管理支持和组织障碍.....	144
5.2.2 短期(战术)计划.....	147
5.2.3 跨部门合作.....	148
5.2.4 质量过程的持续审核与改进.....	149
5.2.5 文档和规程.....	150
<b>第 6 章 测量和数据的原理</b> .....	152
6.1 测量 .....	152
6.1.1 测量刻度.....	152
6.1.2 数据可靠性和有效性.....	154
6.1.3 可重复性和可再现性研究.....	156
<b>第 7 章 六西格玛初级方法</b> .....	167
7.1 解决问题的工具 .....	167
7.1.1 绘制过程图.....	167
7.1.2 流程图.....	168
7.1.3 调查表.....	170
7.1.4 帕累托分析.....	172
7.1.5 因果图.....	173
7.1.6 散点图.....	176
7.2 7M 工具 .....	180
7.2.1 亲和图.....	181

7.2.2	树图	181
7.2.3	过程决策项目图	181
7.2.4	矩阵图	182
7.2.5	相互关系图	183
7.2.6	优先级矩阵	184
7.2.7	行动网络图	187
7.2.8	其他持续改进工具	187
7.3	知识发现工具	189
7.3.1	链图	190
7.3.2	描述性统计	195
7.3.3	直方图	197
7.3.4	初步数据分析	201
<b>第8章</b>	<b>中级六西格玛方法</b>	<b>206</b>
8.1	枚举统计方法与分析统计方法	206
8.2	枚举统计方法	209
8.2.1	基本概率概念	209
8.2.2	理论期望值	213
8.2.3	检验的假设和稳健性	215
8.2.4	分布	216
8.2.5	统计推论	228
8.2.6	容差和置信区间、显著性水平	230
8.2.7	假设检验/第 I 类错误和第 II 类错误	230
8.3	分析统计方法	233
8.3.1	基本控制图	233
8.3.2	预控制	265
8.3.3	EWMA 图	268
8.3.4	过程能力分析	276
8.3.5	短期、小批量的过程控制	283
<b>第9章</b>	<b>六西格玛高级方法</b>	<b>305</b>
9.1	DOE(实验设计)	305
9.1.1	术语	305
9.1.2	强度和样本容量	307

9.1.3	设计特征	308
9.1.4	设计类型	308
9.2	借助软件应用 DOE 方法的常见示例	312
9.2.1	无重复双因素 ANOVA	312
9.2.2	重复双因素 ANOVA	314
9.3	经验模型建模和序贯学习	320
9.3.1	阶段 0: 确定你的方向	321
9.3.2	阶段 1: 筛选实验	322
9.3.3	阶段 2: 急速上升(下降)	326
9.3.4	阶段 3: 析因实验	327
9.3.5	阶段 4: 综合设计	330
9.3.6	阶段 5: 稳健产品和流程设计	333
9.4	数据挖掘、人工神经网络和虚拟过程映射	336
9.5	回归和相关性分析	340
9.5.1	线性模型	340
9.5.2	最小平方拟合	344
9.5.3	相关性分析	348
9.6	卡方( $\chi^2$ )列联表	350
9.7	可靠性分析	351
9.7.1	可靠性的基本术语和原理	351
9.7.2	评估设计的可靠性	354
9.7.3	蒙特卡罗模拟	355
9.8	风险评估工具	365
9.9	安全性分析	368
9.10	过程模拟	370
9.10.1	模拟工具	370
9.10.2	模型开发	372
9.10.3	管理约束	375
9.10.4	积压物品	375
9.10.5	模拟	376
9.11	统计容差	382
附录		386
表 1	基本统计术语表	386



表 2	标准正态曲线下的面积 .....	390
表 3	$t$ 分布的临界值 .....	393
表 4	卡方分布 .....	394
表 5	$F$ 分布( $\alpha=1\%$ ) .....	396
表 6	$F$ 分布( $\alpha=5\%$ ) .....	398
表 7	泊松概率累积 .....	400
表 8	容差间隔因素 .....	403
表 9	Durbin-Watson 检验边界值 .....	406
表 10	计算 AOQL 的 $y$ 因素 .....	408
表 11	控制图常数 .....	409
表 12	控制图公式 .....	411
表 13	$d_2^*$ 值的表 .....	412
表 14	ANOVA 的强度函数 .....	413
表 15	短期的单值图、 $\bar{X}$ 图和 $R$ 图的参数 .....	421
表 16	来自多分支过程的一个分支,连续最大或最小值的有意义的数目 .....	422
表 17	顾客调查的实例 .....	423
表 18	过程 $\sigma$ 水平与等价的 PPM 质量水平 .....	425
参考文献 .....		426

# 第 1 章

## 六西格玛的领导

### 1.1 相关案例研究

#### 1.1.1 六西格玛在摩托罗拉<sup>①</sup>

摩托罗拉的质量改进之路充满艰辛：持续受到来自竞争市场的打击。一家日本公司从摩托罗拉手中购走摩托罗拉在美国的一家电视机制造厂后，迅速采取行动，给工厂的运作模式带来了极大的变化。在这家日本公司的管理下，工厂生产的电视机的缺陷率只有原来摩托罗拉管理下的 1/20。20 世纪 70 年代末和 80 年代初，公司参与反不正当竞争运动，想通过政策保护来面对竞争压力。最后，甚至连摩托罗拉自己的首席执行官都不得不承认“我们的质量在衰退”(Main, 1994)，于是摩托罗拉决定认真地采取质量战略。摩托罗拉当时的首席执行官 Bob Galvin 开始着手公司的质量改进之路，最终他在摩托罗拉质量改进中取得的巨大成就，成为了企业的象征。

今天的摩托罗拉是世界性的质量领袖。为了实现它的质量目标和完全顾客满意的目标，摩托罗拉全力以赴着手若干运作上的改进创意。这些内容中的第一条就是“六西格玛质量”，即对期望结果变差的统计度量。具体地说，六西格玛的目标就是产品和顾客服务的缺陷率应低于 100 万分之 3.4。在制造业中，为了提供统一、一致的最终成品，要求采用“稳健性设计”，使组成成品的各个零件的变差足够小。摩托罗拉雇员纪录每道工序中出现的缺陷，统计技术是每个雇员所不可或缺的工作手段。

缩短“总循环周期”——从顾客向摩托罗拉发出订单到产品交到顾客手中的时间——是质量改进的另一个重点。事实上，在新产品的生产过程中，摩托罗拉计划将循环周期缩短得更多；在产品刚刚有构思的时候就开始对其循环周期计时。这些都要求对整个系统进行检验，包括设计、制造、营销和管理。

<sup>①</sup> 资料来源于 1988 年马尔克姆·波多里奇国家质量奖的获奖者摩托罗拉公司的材料，国家标准与技术研究所，1988 年。