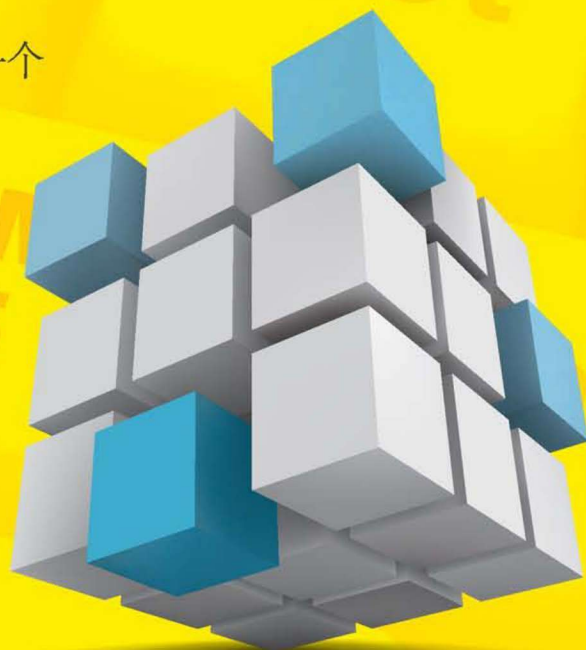


CMMI L5

高成熟度软件过程 实施指南

曹纪清 著

本书为指导企业实施
CMMI 高成熟度的过程改进提供了一个
有效的框架和方法，
是作者对在软件开发领域咨询 CMMI L5
高成熟度成功项目案例的系统总结。



电子工业出版社





责任编辑：谭炜麟
装帧设计：翰育文化



电子科技大学出版社微信公众号

定价：38.00元

CMMI L5

高成熟度软件过程 实施指南

曹纪清 著

本书为指导企业实施

CMMI 高成熟度的过程改进提供了一个
有效的框架和方案。
是作者对在软件开发领域咨询 CMMI L5
高成熟度成功项目案例的系统总结。



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

CMMI L5 高成熟度软件过程实施指南 / 曹纪清著. --
成都: 电子科技大学出版社, 2016.1
ISBN 978-7-5647-3436-7

I. ①C… II. ①曹… III. ①软件工程—指南 IV.
①TP311.5-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第001719号

CMMI L5 高成熟度软件过程实施指南

曹纪清 著

出版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 谭炜麟

责任编辑: 谭炜麟

主页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发行: 新华书店经销

印刷: 四川和乐印务有限责任公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张: 10.25 字数: 210千字

版次: 2016年1月第一版

印次: 2016年1月第一次印刷

书号: ISBN 978-7-5647-3436-7

定价: 38.00元

■版权所有 侵权必究 ■

◆本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。

◆本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

序

我在卡内基梅隆大学计算机科学学院学习、工作的那些年，给我留下最深刻的人生态度，就是一种彻底的实干精神。从教学的课程到科研的项目，最终的产出必然离不开大量的源代码。而只有抽象的概念却无法用代码实现出看得见摸得着的系统的那些人，最终都无法生存下来。那边的响亮口号，就是“**Get Your Hands Dirty**”，说的就是知识一定要在实战中掌握、成果一定要在亲自动手进行检验。正是抱着这样一种人生态度，我至今仍然热衷于写代码，而且学习新技术、新方法来实现系统的热情丝毫不减。这与我国领导人不久前用来勉励大家的“空谈误国、实干兴邦”的口号，可以说有些不谋而合吧。

卡内基梅隆大学在上世纪推出了用于知道软件过程改进的模型 **CMMI** 获得了相当的成功，该模型被工业界反复实践，逐步成为软件过程改进领域的事实标准。我国从本世纪初开始，大量软件企业通过实施 **CMMI**，在项目管理的理念和实践能力方面取得了长足的进步。然而，**CMMI** 模型本身冗长而抽象，体系化的概念怎样灵活地用于实战，具有相当的挑战。甚至有相当数量的公司将“空谈”误以为是“实干”，而导致 **CMMI** 实施效果不佳，最后放弃了 **CMMI** 实践。这不得不说是令人遗憾的结果。

在 **CMMI** 高成熟度的实施中，这样的情况尤为突出。一方面，**CMMI** 高成熟度的实施需要有相当的统计学知识并能够熟练使用统计学工具。传统上，企业 **CMMI** 实施的骨干人员通常来自于软件开发的资深人员，以及软件质量管理人员。他们通常缺乏实质性的统计学应用技能，如何将 **CMMI** 高成熟度实践在软件项目管理中进行有效运用，往往有些力不从心。另一方面，**CMMI** 高成熟实践实施的公开实例非常有限，通常企业管理数据都十分敏感，企业将代表关键竞争力的数据进行共享会有重重的顾虑。因此，对于初次实施高成熟度 **CMMI** 的实践者，所能参考的多是抽象的概念文字，实战的例子难以看到，从而陷入到盲人摸象的境地，不断试错却收获甚少。

本书作者正是一位有长期一线开发经验的实干家。因为作者的这个背景，我们可以看到本书难能可贵地具有相当程度“编程指南”痕迹的 **CMMI** 实施指南。书中

有很多详细的实施步骤，穿插了大量的统计学图表以及各种统计学工具的实际输出。这犹如是编程指南中的代码实例，对读者帮助极大。假如您和我有相似的习惯，即阅读编程指南时往往直接看代码实例，而概念仅作为理解实例的补充，那么我就推荐这本 CMMI 实施指南。我认为这本书读起来至少有种接地气的感觉，在高成熟 CMMI 的实施中的一些常见方法，都可以在本书中找到具体的步骤，看到具体的实例，甚至包含真实的统计数据。

当然本书不仅仅是实例，CMMI 高成熟度的概念和要点在本书中都有系统化的论述。但和众多 CMMI 图书相比较，脱离空谈而立足实干，是本书的鲜明特点。

卡内基梅隆大学软件研究院咨询科学家

赵 悦

2015 年 11 月 30 日

目 录

第一章 引言

1.1 改进项目的背景	1
1.2 六西格玛过程改进	2
1.2.1 六西格玛概述	2
1.2.2 DMAIC 改进模型	3

第二章 CMMI 高成熟度过程域解读

2.1 高成熟度概述	6
2.1.1 高成熟度过程域的关系	7
2.1.2 CMMI L4 量化管理级	8
2.1.3 CMMI L5 优化管理级	8
2.2 组织过程性能 OPP	9
2.2.1 目标与实践要求	9
2.2.2 实践逐条解读	9
2.3 量化项目管理 QPM	14
2.3.1 目标与实践要求	14
2.3.2 实践逐条解读	15
2.4 根源分析与解决方案 CAR	19
2.4.1 目标与实践要求	19
2.4.2 实践逐条解读	20
2.5 组织性能管理 OPM	22
2.5.1 具体实践	22

2.5.2 实践解读	22
------------------	----

第三章 高成熟度过程改进的策划

3.1 CMMI 高成熟度实施框架	35
3.2 界定项目的范围	36
3.2.2 质量与过程性能目标	36
3.2.3 关键过程的确定	39
3.2.4 寻找潜在原因 (X_s)	41
3.3 建立改进的计划	45
3.3.1 建立改进小组	45
3.3.2 建立改进计划	46

第四章 PPB/PPM 的建立与改进

4.1 数据的收集与分析	53
4.1.1 数据收集计划	53
4.1.2 检查采集的数据	55
4.1.3 度量系统分析	56
4.1.4 异常点的处理	57
4.1.5 正态分布检验	60
4.1.6 显著性检验	61
4.2 PPB 的建立与发布	63
4.2.1 控制图的选择	63
4.2.2 PPB 的建立	65
4.2.3 过程能力分析	69
4.2.4 PPB 的发布	71
4.2.5 PPB 注意事项	73
4.3 PPM 的建立与改进	74
4.3.1 PPM 的定义	74
4.3.2 PPM 的建立	75
4.3.3 PPM 的评审与改进	80
4.3.4 PPM 的应用	84
知识拓展	85

1. 回归分析 85

2. 箱线图 86

第五章 根源分析与革新引入

5.1 根源分析的方法 88

5.1.1 公共原因与可归属原因 88

5.1.2 根源分析的方法 89

5.2 根源分析的过程 91

5.2.1 根源分析策划 92

5.2.2 数据分析 93

5.2.3 采取改进措施 96

5.2.4 评估改进效果 97

5.3 引入革新技术 99

5.3.1 革新引入的决策 99

5.3.2 革新的实施 101

知识拓展 106

1. 因果图 106

第六章 高成熟度过程的实施与控制

6.1 高成熟度项目实施过程 110

6.2 确定项目的质量目标 112

6.2.1 确定项目的质量目标 112

6.2.2 确定项目的度量项 113

6.3 高成熟度项目的策划 114

6.3.1 高成熟度项目的过程裁剪 114

6.3.2 高成熟度项目的估算 117

6.4 高成熟度项目的监控 119

6.4.1 高成熟度项目的监控 119

6.4.2 高成熟度项目的审计 124

6.4.3 高成熟度项目的结项 125

6.5 组织级过程的控制 127

6.5.1 过程改进的制度化 127

6.5.2 改进的经济效益分析	128
知识拓展 蒙特卡洛模拟	129

附录 1

Minitab 常用功能操作	136
一、Minitab 操作界面简介	136
二、数据编辑	137
四、Xbar R 控制图	139
五、过程能力指数分析	141

附录 2

度量系统分析	143
一、基本概念介绍	143
二、测量系统能力评价准则	145
三、连续型数据的测量系统分析	146
参考文献	152

第一章 引言

本章介绍了实施 CMMI L5 高成熟度过程改进的物联网通软件公司及其项目案例背景，重点介绍了六西格玛管理及 DMAIC 改进模型的主要过程和技术。

1.1 改进项目的背景

物联网通公司成立于 2003 年，总部在苏州工业园区，是中国领先的服务外包提供商，主要提供医疗软件产品的信息技术外包 (Information Technology Outsourcing, ITO)，包括医疗信息系统的开发、客户化、实施与服务。其中 A 产品是物联网通公司的核心软件产品，占公司总销售额的 60%，年均的客户化实施项目达 300 个以上。

物联网通公司一贯注重产品与服务的质量，注重流程的规范与优化，注重保护客户的资产以及知识产权，公司于 2010 年分别通过 CMMI 成熟度 3 级和 ISO27001 信息安全管理体系的评估。公司总部员工有 1000 人，同时在上海、大连、广州、成都以及美国设有分支机构，全球拥有员工超过 1200 人，其中有 100 人左右的 (Onshore) 专家团队，致力于项目前期解决方案、现场的沟通和产品实施工作。

物联网通公司 2010 年实施 CMMI3 体系之后，通过 3 年多的持续过程改进，已经具备了稳定的软件过程，并且积累了相当规模的基本度量数据。近年来，随着物联网通公司的外包业务向国外的扩展，无论是国内外市场、还是公司本身管理的需求，都从客观上希望建立一个更加高成熟度的、符合业界标准的软件过程体系，从而获取更多的海内外市场的业务机会，提高软件产品的质量和客户满意度，并最终降低成本。2013 年 3 月，物联网通公司正式开始启动了实施基于 CMMI L5 高成熟度的软件过程体系，该项目由作者担任咨询师提供全程的实施指导和培训，本项目从 2013 年 3 月启动到 2014 年 12 月结项，历时两年，总共覆盖了 CMMI L5 级的 22 个过程域，超过

430 个特定实践要求，收集的企业历史项目数据超过 1000 条，并在此基础上使用专业的 Minitab 工具进行统计过程分析和实验设计等方法，建立了 10 多个代表该企业实际绩效的过程性能基线（PPB）和过程性能模型（PPM），使得物联网通能够量化地管理所有的项目，并且主动地引入新方法和新技术促使产品和过程的质量持续不断地改进。

CMMI 是 SEI 研发的过程改进模型，是国际上用于评价 IT 服务供应商能力成熟度的一项重要标准，取得 CMMI 成熟度级别认定被认为是企业成功参与国际软件与服务外包的必经之路。CMMI 模型共有五个等级，成熟度等级越高，则表示软件组织的研发能力越高。CMMI L5 级为最高的“优化级”，代表企业能够根据自身业务目标和客户的价值需求，持续改善软件研发与客户化过程的各个环节，并运用量化的方法对研发过程的内在变化以及变化原因做到有效预测和监控。

本书正是对整个高成熟度项目实施过程及其相关知识和技术的系统介绍。

1.2 六西格玛过程改进

在 CMMI 高成熟度的软件过程改进中，会涉及大量统计过程控制的技术、工具及六西格玛的过程改进方法，比如通过组织的历史数据建立过程性能基线、过程性能模型和异常点根源分析等，本书正式按照 CMMI L5 的过程与实践的框架要求，参考六西格玛的最佳实践来展开并实现的，所以在正式进入高成熟度的过程改进实施之前，有必要先介绍一下六西格玛的基本知识。

1.2.1 六西格玛概述

六西格玛（Six Sigma, 6 Sigma）是一种管理策略，最早是由摩托罗拉提出的。这种策略主要强调制订计划极高的质量目标、收集数据以及分析结果，从而帮助减少产品和服务的缺陷。

企业在实施六西格玛项目的过程中，需要借助统计软件工具来分析数据，Minitab 这是这种专业的工具，于 1972 年成立于美国，在全球企业和高校中被广泛使用。Minitab 在菜单设计上遵循传统统计软件的思路，为用户提供一系列统计方法工具箱，用户按照需要在其中选择适合的工具进行数据分析，对使用人员的统计知识有一定的要求。

六西格玛管理需要一套合理、高效的人员组织结构来保证改进活动得以顺利

实现。在组织中设立六西格玛管理初始阶段的各种职位，由这个改进团队确定具体的改进项目及改进次序，分配资源；定期评估各项项目的进展情况，并对其进行指导。六西格玛改进团队组织架构中的主要角色有如下几个方面：

倡导者 (Advocator)：成功的六西格玛管理有一个共同的特点，就是企业领导者的全力支持。六西格玛管理的成功在于从上到下坚定不移的贯彻。企业领导者必须深入了解六西格玛管理对于企业的利益以及实施项目所要达到的目标，从而使他们对变革充满信心，并在企业内倡导一种旨在不断改进的变革氛围。

六西格玛管理的倡导者由一位副总裁以上的高层领导担任。这是一个至关重要的职位，要求具有较强的综合协调能力的人才能胜任。其具体职责是：为项目设定目标、方向和范围；协调项目所需资源；处理各项目小组之间的重叠和纠纷，加强项目小组之间的沟通等。

绿带 (Green Belt)：绿带的工作一般是兼职的，负责一些难度较小的项目，或成为其他项目小组的成员。绿带培训一般要结合 6σ 具体项目进行课堂专业学习，包括项目管理、质量管理工具、质量控制工具、解决问题的方法和信息数据分析等。

黑带 (Black Belt)：黑带由企业内部选拔出来，全职实施 6σ 管理，在接受培训取得认证之后，被授予黑带称号，担任项目小组负责人，领导项目小组实施流程变革，同时负责培训绿带。黑带的候选人应该具备大学数学和定量分析方面的知识基础，需要具有较为丰富的工作经验。

黑带大师 (Black Belt Master)： 6σ 管理专家的最高级别，精通统计知识，负责在 6σ 管理中提供技术指导。他们必须熟悉所有黑带所掌握的知识，深刻理解那些以统计学方法为基础的管理理论和数学计算方法，能够确保黑带在实施应用过程中的正确性。

1.2.2 DMAIC 改进模型

DMAIC 是六西格玛管理过程改进的重要方法，DMAIC 是指定义 (Define)、度量 (Measure)、分析 (Analyze)、改进 (Improve) 和控制 (Control) 五个阶段构成的过程改进方法，一般用于对现有流程的改进，包括开发过程和服务过程等。图 1-1 是六西格玛 DMAIC 环，每个阶段都由一系列活动、方法和工具来支持该阶段目标的实现。

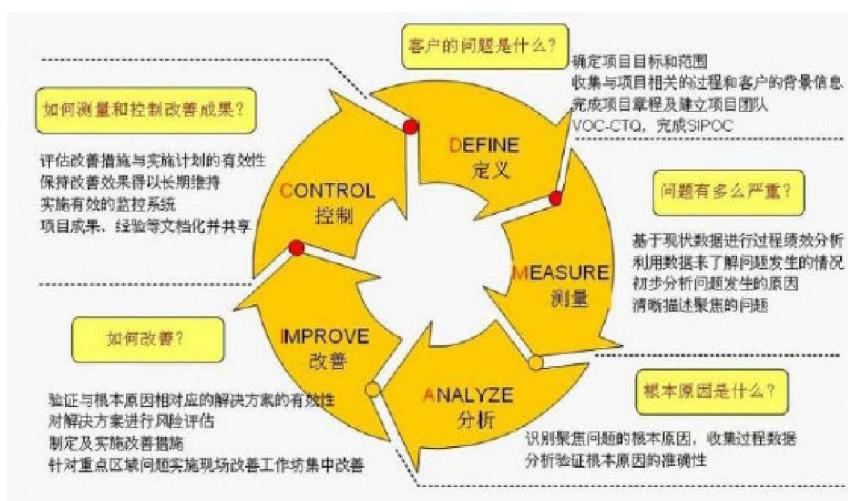


图 1-1 六西格玛 DMAIC 环

DMAIC 模型的实施步骤如下：

定义阶段 (D 阶段)

定义阶段 (又称为界定阶段) 的活动是分析顾客的需求 (Voice of Customer, VOC), 并结合组织的业务目标和策略, 将客户的需求转换为关键质量指标 (Critical to Quality, CTQ), 确定需要解决的关键问题。定义业务流程图, 进行初步流程分析, 连结客户端至每一流程, 初步探索潜在的原因, 尝试重组企业流程并取得各流程主要负责人的确认和同意。同时与问题相结合, 组建一个高效的六西格玛改进团体, 制订改进项目的任务书, 建立 DMAIC 各阶段的任务与进度计划。

本阶段常用的方法和工具有：焦点团体法、行为事件访谈 (BEIS), 以及柏拉图、流程图、Kano 要因分析矩阵和 SIPOC 方法等。

度量阶段 (M 阶段)

度量阶段主要活动有：通过 FMEA 等工具来确认可衡量的关键质量指标 CTQ 将能够被具体改进, 然后对这些选定的 CTQ 确定其最终能力水平及上下规格范围 (控制限)。定义并收集这些 CTQ 对应的基本度量数据 (关键输出 y 与影响这些关键输出的输入 x)。通过 MSA 分析判断整个度量系统是否合格。

本阶段常用的方法和工具有：直方图、矩阵数据分析法、抽样技术、检查单和检查表方法等等。

分析阶段 (A 阶段)

分析阶段的主要活动有：可通过基础统计，抽样或图形方式等来确认某关键流程的过程性能基线 (Process Performance Baseline, PPB)，通过标杆 (Benchmarking) 学习法或统计手法来定义项目改进的性能目标，利用流程分析、图形分析、假设检定、回归分析等方法，列出统计上显著的原因 (Xs)，确立变异来源。

本阶段常用统计分析方法和工具有：T-Test，ANOVA，多变量分析方法，回归分析，直方图，柏拉图，鱼骨图，散点图，控制图等。

改进阶段 (I 阶段)

改进阶段的主要活动有：建立改进方案，通过实验设计的方法，以确认影响 Y 值变化的关键 Xs 并寻求变量间的关系，建立 x 的允许变动范围。最终建立结果 Y 与原因 Xs 之间一个量化地函数模型： $y=f(x_1, x_2, \dots)$ 。其中 y 是因变量，x 是自变量。实施改进措施，验证模型及改进的效果。

明确要改进的环节和措施之后，重要的是去实施它。这一过程中的困难往往是员工长期的习惯不会轻易转变，需要组织通过一系列的措施来贯彻和激励改进的实施。

本阶段常用的方法和工具有：相关性分析、回归分析、试验设计、方差分析等。

(5) 控制阶段 (C 阶段)

控制阶段的主要活动有：对实施的项目进行过程控制，将主要变量的偏差控制在许可范围，确定改进后的过程性能目标已经实现。同时，使改进后的流程程序化，并通过有效的监测手段，确保流程改进的成果。更新改进后的过程性能水平，计算改进带来的收益。

控制阶段主要的方法有：标准化、程序化、制度化等。

需要指出的是，DMAIC 改进模型从界定到控制不是一次性的瀑布模式过程，在具体的改进过程中，有些活动、技术和方法根据需要会被反复执行。所以说 DMAIC 模型的应用是实现六西格玛改进目标的一个循环过程。