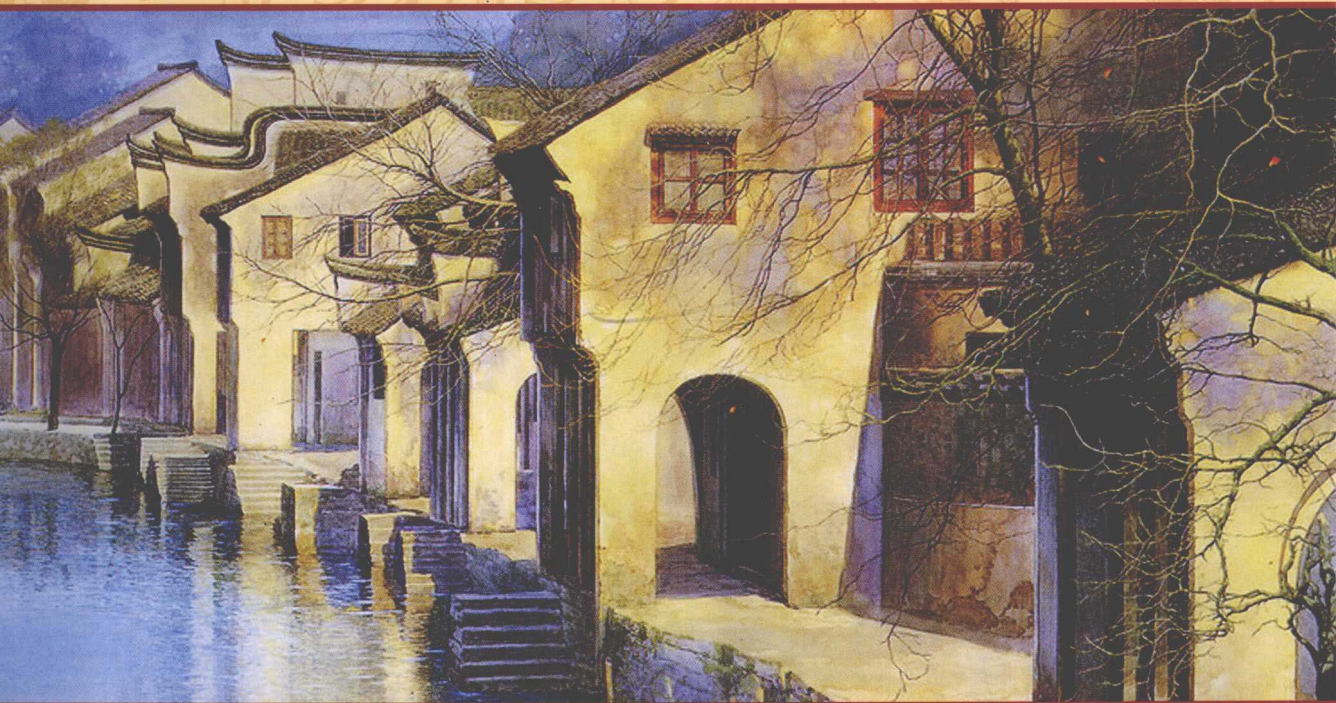


软件能力成熟度模型 与模型集成基础

Software Capacity Maturity Model and Model Integration Basis

黎连业 张晓冬 吕小刚 编著



机械工业出版社
China Machine Press

软 件 工 程 技 术 丛 书

软件能力成熟度模型 与模型集成基础

Software Capacity Maturity Model and Model Integration Basis

黎连业 张晓冬 吕小刚 编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书从软件开发管理的角度,阐述了软件能力成熟度模型(CMM)与软件能力成熟度模型集成(CMMI)的基本概念、基本原理及管理方法,详细地讲述了CMM/CMMI的管理与实施步骤,其目的是指导读者在软件开发的过程中,明白CMM/CMMI的管理“做什么”,然后再明确“怎样去做”。项目开发中的每一个阶段要做哪些具体工作?需要写出什么样的文档?达到什么样的目的?解决什么样的问题?CMM/CMMI每个等级的工作都自成一章。具体包括软件能力成熟度模型(CMM)概述、软件过程评估的国际标准、可重复级(等级2)、已定义级(等级3)、已管理级(等级4)、优化级(等级5)、能力成熟度模型(CMM)提问单及CMMI的基本概念、CMMI通用(公共)的实践、CMMI 2级的主要内容和实践、CMMI 3级已定义的主要内容和实践、CMMI 4级量化管理级的主要内容和实践、CMMI 5级的主要内容和实践。

本书可作为培训教材,也可作为作为信息工程学院、软件学院和大学计算机相关专业大学生的教科书,对研究生而言是一本很实用的指导书,对软件开发人员、系统工程师以及管理人员来说也很有参考价值。

封底无防伪标均为盗版

版权所有,侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

软件能力成熟度模型与模型集成基础/黎连业等编著. —北京:机械工业出版社, 2011.5
(软件工程技术丛书)

ISBN 978-7-111-33735-5

I. 软… II. 黎… III. 软件工程—基本知识 IV. TP311.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第041410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:陈佳媛

三河市杨庄长鸣印刷装订厂

2011年6月第1版第1次印刷

186mm×240mm·21印张

标准书号:ISBN 978-7-111-33735-5

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

客服热线:(010) 88378991; 88361066

购书热线:(010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线:(010) 88379604

读者信箱:hzjsj@hzbook.com

前 言

软件能力成熟度模型（CMM）与软件能力成熟度模型集成（CMMI）是美国卡内基－梅隆大学软件工程研究院为了满足美国联邦政府评估软件供应商能力的要求，于1986年开始研究的模型。SEI于1991年正式推出了CMM 1.0版，2000年8月11日SEI发布了CMMI 1.0版，2001年12月颁布CMMI 1.1版，2006年8月SEI又推出了CMMI 1.2版。CMM和CMMI自问世以来备受关注，在一些发达国家和地区得到广泛应用，成为衡量软件公司软件开发管理水平的重要参考因素和软件过程改进事实上的工业标准。

近年来，软件公司越来越认识到实施CMMI对软件公司的重要性与紧迫性，因而积极开展CMM/CMMI培训，以此来提升企业的竞争力和知名度。基于CMM/CMMI在软件开发中的应用，许多软件公司的岗位招聘也同时提出相应的要求“有CMM/CMMI知识经验者优先”。软件公司多方培养和引进有CMM/CMMI知识与经验的软件开发管理人员，来负责软件公司的软件开发活动，以达到长效发展和降低成本的目的。CMM/CMMI也成为信息工程学院、软件学院和大学计算机专业的重要课程。

为了帮助软件开发管理人员更好地了解 and 掌握CMM/CMMI的基本知识、基本理论和基本技能，作者特编写了本书。书中详尽地讲述了CMM/CMMI的管理与实施步骤，其目的是指导读者在软件开发过程中，明白CMM/CMMI的管理“做什么”，然后再“怎样去做”。对于项目开发中的每一个阶段要做哪些具体工作？需要写出什么样的文档？达到什么样的目的？解决什么样的问题？本书都一一作了详细的解答。

全书由13章和1个附录组成，分别是：

- 第1章 软件能力成熟度模型概述
- 第2章 软件过程评估的国际标准
- 第3章 CMM2级（可重复级）的内容
- 第4章 CMM3级（已定义级）的内容
- 第5章 CMM4级（已管理级）的内容
- 第6章 CMM5级（优化级）的内容
- 第7章 能力成熟度模型（CMM）提问单
- 第8章 CMMI的基本概念
- 第9章 CMMI通用（公共）的实践
- 第10章 CMMI 2级的主要内容和实践
- 第11章 CMMI 3级已定义的主要内容和实践
- 第12章 CMMI 4级量化管理级的主要内容和实践
- 第13章 CMMI 5级的主要内容和实践
- 附录 CMMI实施过程细则表和文档

本书是作者在2003年单银根、王安、黎连业编著的《软件能力成熟度模型（CMM）与软件开发技术》一书基础上更新改编的。本书以CMMI 1.2版的相关过程管理思路为基础，提炼出CMMI中各过程域（简称PA）的精髓，重点解决软件工程中的规范化软件产品开发的问题。

作者认为，信息工程学院、软件学院和大学计算机专业的学生，通过阅读本书可以全面掌握 CMM 和 CMMI 方面的知识，将来在岗位招聘时“有优先”、工作时就可以直接应用，而不需要进行培训。

本书可作为培训教材，也可作为信息工程学院、软件学院和大学计算机专业的 CMM 和 CMMI 课程教材，也可以作为中小软件企业的过程改进人员的参考书。

本书适合下列几种不同工作类型的人员阅读：

- (1) 从事计算机信息管理的工程技术人员；
- (2) 从事工程项目的管理人员；
- (3) 信息工程学院、软件学院的大学生、研究生；
- (4) 大、中型项目的管理人员和设计人员；
- (5) 从事软件开发管理的科技人员。

本书由黎连业〔中科院计算所（二部）〕、张晓冬（广东省气象局信息科）、吕小刚（中国软件评测中心赛迪监理公司）执笔完成。

本书写作过程中，参考、引用了佚名（<http://www.csai.cn>）的《适用于发展的能力成熟度整合模式（CMMI-DEV）》、张瑾（<http://www.csai.cn>）、SJ/T 11234-2001《软件过程能力评估模型》、CMMI v1.1（连续式）中文版、CMMI v1.1（阶段式）中文版、CMMI v1.2（连续式 阶段式）中文版的技术资料，在此表示感谢！王华、李淑春、王安、黎娜、黎萍等同志为本书的写作做了大量的文字组织工作，借此机会向上述同志一并表示感谢！

作者

2011 年 4 月写于北京

目 录

前 言

第1章 软件能力成熟度模型概述 1

1.1 软件过程评估的必要性 1

1.1.1 软件特殊性的需要 1

1.1.2 改进软件过程的需要 3

1.1.3 降低软件风险的需要 3

1.1.4 CMM 对软件需求管理的需要 3

1.2 能力成熟度模型的基本概况和主要

用途 5

1.2.1 能力成熟度模型的基本概况 5

1.2.2 能力成熟度模型 (CMM) 的主要

用途 7

1.3 能力成熟度模型的体系结构 8

1.3.1 能力成熟度模型中涉及的专业术语 ... 8

1.3.2 能力成熟度模型中涉及的缩略语 ... 13

1.3.3 软件过程成熟度的五个等级 15

1.3.4 能力成熟度模型的内部结构 20

1.3.5 关键过程域 21

1.3.6 关键实践 23

1.3.7 能力成熟度模型的应用 24

1.3.8 跨越成熟度等级 26

1.3.9 软件过程成熟度提问单 27

1.4 能力成熟度模型各等级之间的关系 28

1.4.1 从初始级向可重复级过渡 28

1.4.2 从可重复级向已定义级过渡 29

1.4.3 向已管理级和优化级过渡 29

1.5 能力成熟度模型实施人员和组织机构

的划分 29

1.5.1 人员的构成 30

1.5.2 组织机构 30

1.5.3 CMM 工作人员的业务发展方向 31

思考题 35

第2章 软件过程评估的国际标准 36

2.1 软件过程评估国际标准的制定过程与

制定目的 36

2.1.1 软件过程评估国际标准的制定

过程 36

2.1.2 软件过程评估国际标准的制定

目的 36

2.2 软件过程评估标准的组成 37

2.2.1 ISO/IEC TR 15504 软件过程评估标准

信息文件 37

2.2.2 正式发布的 ISO/IEC 15504 标准 ... 38

2.3 软件过程评估参考模型 40

2.3.1 过程维 40

2.3.2 过程能力维 41

2.3.3 指示 42

2.4 软件过程评估及其应用 43

2.4.1 过程评估 43

2.4.2 过程改进 45

2.4.3 过程能力评定 49

2.5 CMM 与 CMMI 的关系 52

2.5.1 CMMI 的产生 52

2.5.2 CMMI、CMM 和 ISO15504 模型的等级

名称的对应关系 53

2.5.3 CMMI 和 CMM 的过程域 53

2.5.4 CMM/CMMI 家族史 54

思考题 55

第3章 CMM 2 级 (可重复级) 的内容 ... 56

3.1 CMM 2 级的过程基本特征 56

3.2 CMM 2 级的关键过程域 57

3.3 CMM 2 级上的需求管理 60

3.3.1 需求管理的目标 60

3.3.2 需求管理的执行约定和执行能力 ... 60

3.3.3 需求管理的实施过程 61

3.3.4 需求管理的评价 64

3.4 CMM 2 级上的软件项目计划 65

3.4.1 软件项目计划的内容目标和具体

步骤 65

3.4.2 软件项目计划的执行约定和执行能力	66	4.3.4 组织过程焦点的评价	101
3.4.3 软件项目计划的实施过程	67	4.4 CMM 3 级上的组织过程定义	101
3.4.4 软件项目计划的评价	71	4.4.1 组织过程定义的目标	102
3.5 CMM 2 级上的软件项目跟踪和监控	71	4.4.2 组织过程定义的执行约定和执行能力	102
3.5.1 软件项目跟踪和监控的目标	71	4.4.3 组织过程定义的实施过程	103
3.5.2 软件项目跟踪和监控的执行约定和执行能力	72	4.4.4 CMM 3 级上的组织过程定义评价	105
3.5.3 软件项目跟踪和监控的实施过程	73	4.5 CMM 3 级上的培训程序	106
3.5.4 软件项目跟踪和监控的评价	76	4.5.1 培训程序的目标	106
3.6 CMM 2 级上的软件转包合同管理	77	4.5.2 培训程序的执行约定和执行能力	106
3.6.1 软件转包合同管理的目标	77	4.5.3 培训程序的实施过程	107
3.6.2 软件转包合同管理的执行约定和执行能力	77	4.5.4 培训程序的评价	109
3.6.3 软件转包合同管理的实施过程	78	4.6 CMM 3 级上的集成软件管理	110
3.6.4 软件转包合同管理的评价	81	4.6.1 集成软件管理的目标	110
3.7 CMM 2 级上的软件质量保证	82	4.6.2 集成软件管理的执行约定和执行能力	110
3.7.1 软件质量保证的目标	82	4.6.3 集成软件管理的实施过程	110
3.7.2 软件质量保证的执行约定和执行能力	83	4.6.4 集成软件管理的评价	115
3.7.3 软件质量保证的实施过程	84	4.7 CMM 3 级上的软件产品工程	115
3.7.4 软件质量保证的评价	86	4.7.1 软件产品工程的目标	115
3.8 CMM 2 级上的软件配置管理	86	4.7.2 软件产品工程的执行约定和执行能力	115
3.8.1 软件配置管理的定义	87	4.7.3 软件产品工程的实施过程	117
3.8.2 软件配置管理的目标	87	4.7.4 软件产品工程的评价	121
3.8.3 配置管理要求	88	4.8 CMM 3 级上的组间协调	122
3.8.4 配置的范围	89	4.8.1 组间协调的目标	122
3.8.5 软件配置管理的执行约定和执行能力	89	4.8.2 组间协调的执行约定和执行能力	123
3.8.6 软件配置管理的实施过程	91	4.8.3 组间协调的实施过程	123
3.8.7 软件配置管理的评价	93	4.8.4 组间协调的评价(检查与实施)	125
思考题	93	4.9 CMM 3 级的同行评审	125
第4章 CMM 3 级(已定义级)的内容	94	4.9.1 同行评审的目标	126
4.1 CMM 3 级的过程基本特征	94	4.9.2 同行评审的执行约定和执行能力	126
4.2 CMM 3 级的关键过程域	95	4.9.3 同行评审的实施过程	127
4.3 CMM 3 级上的组织过程焦点	98	4.9.4 同行评审的评价	127
4.3.1 组织过程焦点的目标	98	思考题	128
4.3.2 组织过程焦点的执行约定和执行能力	99	第5章 CMM 4 级(已管理级)的内容	129
4.3.3 组织过程焦点的实施过程	100	5.1 CMM 4 级的过程基本特征	129
		5.2 CMM 4 级的关键过程域	129
		5.3 CMM 4 级上的定量过程管理	130
		5.3.1 定量过程管理的目标	130

5.3.2 定量过程管理的执行约定和执行能力	131	7.3.2 软件项目计划的提问单	159
5.3.3 CMM 4 级定量过程管理的实施过程	132	7.3.3 软件项目跟踪和监督的提问单	160
5.3.4 定量过程管理的评价	134	7.3.4 软件转包合同管理的提问单	161
5.4 CMM 4 级上的软件质量管理	135	7.3.5 软件质量保证的提问单	162
5.4.1 软件质量管理的目标	135	7.3.6 软件配置管理的提问单	162
5.4.2 软件质量管理的执行约定和执行能力	135	7.4 已定义级（等级3）上提问单的问题和回答	163
5.4.3 软件质量管理的实施过程	136	7.4.1 组织过程焦点的提问单	163
5.4.4 软件质量管理的提问单	139	7.4.2 组织过程定义的提问单	164
思考题	139	7.4.3 培训程序（大纲）的提问单	165
第6章 CMM 5 级（优化级）的内容	140	7.4.4 集成软件管理的提问单	166
6.1 CMM 5 级的过程基本特征	140	7.4.5 软件产品工程的提问单	167
6.2 CMM 5 级的关键过程域	140	7.4.6 组间协调的提问单	168
6.3 CMM 5 级上的缺陷预防	141	7.4.7 同行评审的提问单	169
6.3.1 缺陷预防的目标	141	7.5 定量管理级（等级4）上提问单的问题和回答	170
6.3.2 缺陷预防的执行约定和执行能力	141	7.5.1 定量过程管理的提问单	170
6.3.3 缺陷预防的实施过程	142	7.5.2 软件质量管理的提问单	171
6.3.4 缺陷预防的评价	145	7.6 优化级（等级5）上提问单的问题和回答	172
6.4 CMM 5 级上的技术革新管理	145	7.6.1 缺陷预防的提问单	172
6.4.1 技术革新管理的目标	146	7.6.2 技术革新管理的提问单	173
6.4.2 技术革新管理的执行约定和执行能力	146	7.6.3 过程变更管理的提问单	174
6.4.3 技术革新管理的实施过程	148	第8章 CMMI 的基本概念	176
6.4.4 技术革新管理的评价	149	8.1 CMMI 的5个成熟度级别	176
6.5 CMM 5 级上的过程变更管理	150	8.2 CMMI 两种不同的实施方法	179
6.5.1 过程变更管理的目标	150	8.3 CMMI 的原则、目标和方法	184
6.5.2 过程变更管理的执行约定和执行能力	150	8.4 CMMI 的内容	185
6.5.3 过程变更管理的实施过程	151	8.5 CMMI v1.2 的主要改进点	186
6.5.4 过程变更管理的评价	154	8.6 执行方法	188
思考题	155	8.7 成熟度等级和能力度等级	189
第7章 能力成熟度模型（CMM）提问单	156	思考题	189
7.1 能力成熟度模型提问单填写的内容	156	第9章 CMMI 通用（公共）的实践	191
7.2 基本级（等级1）上提问单的问题和回答	157	9.1 通用实践	191
7.3 可重复级（等级2）上提问单的问题和回答	158	9.2 通用目标2	192
7.3.1 需求管理的提问单	158	9.2.1 GP2.1 方针	192
		9.2.2 GP2.2 计划	192
		9.2.3 GP2.3 提供资源	194
		9.2.4 GP2.4 分配职责	195
		9.2.5 GP2.5 培训	195

9.2.6 GP2.6 配置管理	195	实践	227
9.2.7 GP2.7 干系人管理	195	11.2.2 CMMI 3 级需求开发的 SG2 开发 产品需求的主要内容和实践	228
9.2.8 GP2.8 计划跟踪	195	11.2.3 CMMI 3 级需求开发的 SG3 分析和 确认需求的主要内容和实践	230
9.2.9 GP2.9 质量保证	195	11.3 CMMI 3 级技术方案过程域的主要内容 和实践	230
9.2.10 GP2.10 高层管理评价	196	11.3.1 CMMI 3 级技术方案过程域的特定 目标 SG1 选择产品构件方案的主要 内容和实践	231
9.3 通用目标 3	196	11.3.2 CMMI 3 级技术方案过程域的特定目标 SG2 设计的主要内容和实践	231
9.3.1 GP3.1 建立已定义过程	196	11.3.3 CMMI 3 级技术方案过程域的特定 目标 SG3 分析和实现产品设计的 主要内容和实践	232
9.3.2 GP3.2 收集改进信息	196	11.4 CMMI 3 级产品集成过程域的主要 内容和实践	232
9.4 通用目标 4	197	11.4.1 CMMI 3 级产品集成过程域特定 目标 SG1 准备产品集成的主要内 容和实践	233
9.5 通用目标 5	197	11.4.2 CMMI 3 级产品集成过程域特定 目标 SG2 确保接口兼容的主要内 容和实践	233
9.6 CMMI 模型的标准名词、术语和提供 的信息	197	11.4.3 CMMI 3 级产品集成过程域特定 目标 SG3 组装产品构件和交付产 品的主要内容和实践	233
9.6.1 CMMI 模型的标准名词	197	11.5 CMMI 3 级验证过程域的主要内 容和实践	234
9.6.2 CMMI 模型的术语	199	11.5.1 CMMI 3 级验证过程域特定目标 SG1 准备验证的主要内容和实践	234
9.6.3 CMMI 模型提供的信息	200	11.5.2 CMMI 3 级验证过程域特定目标 SG2 执行同行评审的主要内容和 实践	234
思考题	200	11.5.3 CMMI 3 级验证过程域特定目标 SG3 验证选定的工作成果的主要内 容和实践	235
第 10 章 CMMI 2 级的主要内容和实践 ..	201	11.6 CMMI 3 级确认过程域的主要内 容和实践	235
10.1 CMMI 2 级项目规划过程域的主要 内容和实践	201	11.6.1 CMMI 3 级确认过程域特定目标 SG1 准备确认的主要内容和实践	235
10.2 CMMI 2 级需求管理过程域的主要 内容和实践	206	11.6.2 CMMI 3 级确认过程域特定目标	
10.3 CMMI 2 级项目跟踪和控制过程域的 主要内容和实践	208		
10.4 CMMI 2 级供应商协议管理过程域的 主要内容和实践	209		
10.5 CMMI 2 级过程与产品质量保证 过程域的主要内容和实践	212		
10.6 CMMI 2 级配置管理过程域的主要 内容和实践	214		
10.7 CMMI 2 级度量与分析过程域的主要 内容和实践	215		
10.8 CMMI 2 级能力成熟度自测表	222		
思考题	225		
第 11 章 CMMI 3 级已定义的主要内容和 实践	226		
11.1 CMMI 3 级简述	226		
11.2 CMMI 3 级需求开发过程域的主要 内容和实践	227		
11.2.1 CMMI 3 级需求开发的 SG1 开发 客户需求项目估算的主要内容和			

SG2 确认产品或构件的主要内容 和实践	235	特定目标 SG2 与相关干系人协调 和合作的主要内容和实践	252
11.7 CMMI 3 级组织过程焦点过程域 主要内容和实践	236	11.11 CMMI 3 级风险管理过程域的主要 内容和实践	252
11.7.1 CMMI 3 级组织过程焦点过程域 特定目标 SG1 确定过程改进机会 的主要内容和实践	236	11.11.1 CMMI 3 级风险管理过程域特定 目标 SG1 做好风险管理准备过程 的主要内容和实践	254
11.7.2 CMMI 3 级组织过程焦点过程域 特定目标 SG2 规划和实施过程改进 的主要内容和实践	236	11.11.2 CMMI 3 级风险管理过程域特定 目标 SG2 识别和分析风险过程的 主要内容和实践	254
11.7.3 CMMI 3 级组织过程焦点过程域 特定目标 SG3 部署组织过程财富 的主要内容和实践	237	11.11.3 CMMI 3 级风险管理过程域特定 目标 SG3 缓解风险过程的主要 内容和实践	254
11.8 CMMI 3 级组织过程定义的主要内容 和实践	237	11.12 CMMI 3 级决策分析与解决方案过 程域的主要内容和实践	254
11.8.1 组织过程定义方法	237	11.13 CMMI 3 级大型软件企业需要的集成 团队过程域的主要内容和实践	255
11.8.2 特定实践 SP 1.1 建立标准过程 ..	239	11.14 CMMI 3 级大型软件企业需要的 集成组织环境过程域的主要内容 和实践	257
11.8.3 特定目标 SP 1.2 建立生存周期 模型描述	240	11.15 CMMI 3 级的大型软件企业需要的 集成供应商管理过程域的主要内容 和实践	259
11.8.4 特定目标 SP 1.3 建立裁剪准则 和指南	244	11.16 CMMI 3 级通用目标 GG3 制度化已 定义过程域的主要内容和实践	259
11.8.5 特定目标 SP 1.4 建立组织度 量库	246	11.17 CMMI 评审的主要内容和实践	259
11.8.6 特定目标 SP 1.5 建立组织过程 财富库	247	11.17.1 实施 CMMI 可行性分析报告的 评审	260
11.8.7 特定目标 SP 1.6 建立工作环境 标准	248	11.17.2 需求分析阶段的评审	261
11.9 CMMI 3 级组织培训过程域的主要 内容和实践	249	11.17.3 系统方案的评审	262
11.9.1 CMMI 3 级组织培训过程域特定 目标 SG1 建立组织级培训能力 的主要内容和实践	249	11.17.4 开发设计的评审	263
11.9.2 CMMI 3 级组织培训过程域特定 目标 SG2 提供必要的培训的主要 内容和实践	250	11.17.5 系统设计的评审	263
11.10 CMMI 3 级集成项目管理过程域的 主要内容和实践	251	11.17.6 功能点的评审	265
11.10.1 CMMI 3 级集成项目管理过程域 特定目标 SG1 应用项目定义过程 的主要内容和实践	251	11.17.7 数据存储内部逻辑文件和外部 接口文件的评审	269
11.10.2 CMMI 3 级集成项目管理过程域		11.17.8 软件质量保证 (SQA) 的评审 ..	270
		11.17.9 与产品有关的评审	271
		11.17.10 测试方案的评审	272
		11.17.11 软件测试工作的评审	274
		11.17.12 文件要求的评审	276
		11.18 CMMI 评估过程的主要内容和实践 ..	277

11.18.1 CMMI 的评估过程类型	277	12.3 CMMI 4 级通用目标 GG4 已量化管理 过程的主要内容和实践	299
11.18.2 CMMI 的评估组织	277	12.4 CMMI 4 级企业软件能力成熟度级别 第四级已定量级自测表	300
11.18.3 现场评审	279	思考题	301
11.19 企业软件能力成熟度级别自测表—— 第三级已定义级自测	282	第 13 章 CMMI 5 级的主要内容和实践 ...	302
思考题	286	13.1 CMMI 5 级组织革新与部署过程域的 主要内容和实践	302
第 12 章 CMMI 4 级已定量管理级的 主要内容和实践	287	13.1.1 特定目标 SG1 选择改进的主要 内容和实践	302
12.1 CMMI 4 级组织过程性能过程域的主要 内容和实践	287	13.1.2 特定目标 SG 2 部署改进的主要 内容和实践	304
12.1.1 特定实践 SP 1.1 选择过程	287	13.2 CMMI 5 级原因分析与解决方案过程域 的主要内容和实践	305
12.1.2 特定实践 SP 1.2 建立过程性能 度量	288	13.2.1 CMMI 5 级原因分析及解决方案 过程域特定目标 SG1 确定缺陷原因 的主要内容和实践	306
12.1.3 特定实践 SP 1.3 建立质量和过程 性能目标	290	13.2.2 CMMI 5 级原因分析及解决方案 过程域特定目标 SG2 解决产生 缺陷的根源的主要内容和实践 ...	307
12.1.4 特定实践 SP 1.4 建立过程性能 基线	291	13.3 CMMI 5 级通用目标 GG5 制度化一个 已优化的过程的主要内容和实践	307
12.1.5 特定实践 SP 1.5 建立过程性能 模型	295	13.4 CMMI 5 级企业软件能力成熟度级别 第五级优化级自测表	308
12.2 CMMI 4 级量化项目管理过程域的主要 内容和实践	297	思考题	309
12.2.1 CMMI 4 级量化项目管理过程域 特定目标 SG1 定量项目管理的主要 内容和实践	297	附录 CMMI 实施过程细则表和文档	310
12.2.2 CMMI 4 级量化项目管理过程域 特定目标 SG2 统计管理子过程性能 的主要内容和实践	298	参考文献	322

第1章 软件能力成熟度模型概述

能力成熟度模型（Capacity Maturity Model, CMM），是卡内基－梅隆大学软件工程研究院（SEI）为了满足美国联邦政府评估软件供应商能力的要求，于1986年开始研究的模型，并于1991年正式推出了CMM 1.0版。CMM自问世以来备受关注，在一些发达国家和地区得到广泛应用，成为衡量软件公司软件开发管理水平的重要参考因素和软件过程改进事实上的工业标准。

我国制定了SJ/T 11234—2001《软件过程能力评估模型》和SJ/T 11235—2001《软件能力成熟度模型》两项软件标准，对各项软件工程活动给出了比较全面、细致的描述，以支撑软件产业的整体发展。

本章重点讨论以下内容：

- 软件过程评估的必要性；
- 能力成熟度模型的产生和主要用途；
- 能力成熟度模型的体系结构；
- 能力成熟度模型各等级之间的关系；
- 能力成熟度模型实施人员和组织机构的划分。

1.1 软件过程评估的必要性

软件产业已逐步从一个弱小的产业跃居为新兴的、发展最快的、潜力巨大的产业。它代表着一个国家高新技术的水平。没有先进的软件产业，就不可能有先进的信息技术产业。

软件能力成熟度模型（Capacity Maturity Model for Software，英文缩写为SW-CMM，或简称SEI CMM，或直接简称为CMM）可用来评估软件过程成熟度，能不断对软件过程进行最有效的改进，提高软件过程能力，降低软件开发风险，因而深受软件产业界关注。这里首先从以下4个方面来说明软件过程评估的必要性。

1.1.1 软件特殊性的需要

通常所说的软件包括计算机运行时所需要的各种程序，一般分为系统软件和应用软件。软件一般分为如下三个层次。

- 个体层次：包括计算机系统程序及文档。程序是计算机任务处理的对象加规则的描述，文档是理解程序所需的阐述性资料。
- 整体层次：在特定的计算机系统中，所有上述个体层次软件的总称。
- 学科层次：研究、开发、维护和使用软件过程中所涉及的理论、方法、技术所构成的学科。

随着软件需求量的快速增长，软件应用中出现的也越来越问题也越来越多。主要体现在以下五个方面。

1. 软件成本的提高

20世纪50年代，计算机系统应用于非常狭窄的领域，应用规模较小，其成本约占整个计算机系统的10%~20%。随着计算机技术的进步，生产规模的扩大，计算机硬件价格不断下降，而软件成本在计算机系统中所占的比例越来越大。到20世纪60年代中期软件费用占50%左右；20世纪70年代以后，软件费用进一步增加。例如，1980年美国政府的财政年度中，计算机软、硬件与服

务费共耗资 570 亿美元，其中软件费用 320 亿美元，占 56%。随着软件成本的不断增加，软件费用所占的比例呈现日益扩大的趋势。

2. 软件开发进度难于控制

软件是一种逻辑系统，设计软件所使用的逻辑量比设计硬件要多若干倍。为了完成一个复杂的软件系统，常常要考虑建立一个庞大的逻辑体系。另外，同样的软件算法在程序实现上的差别也非常大，加之在软件开发过程中可能遇到各种意想不到的问题，所以投入的资源能否出结果，事先很难预料。软件的这种特点不仅给项目计划和论证工作带来很大困难，而且软件开发过程很难保证按预定计划实现。

3. 软件工作量的估计较困难

通常，要完成一项任务，需要根据其复杂性、工作量及进度要求安排人力，但软件的工作量是很难估计的。其原因有以下两点：

- 软件开发实际上是逻辑思维过程，在编写出程序并在计算机上运行之前，软件开发的进展难于衡量，质量也难于评价，所以工作量很难估计。
- 软件规模和复杂性呈指数剧增。开发一个大型软件系统，往往需要许多人分工协作。由于软件系统的结构很复杂，各部分联系密切，大量的通信、后勤工作增大了工作量。因此，增加人员，往往不仅不能缩短开发时间，反而会延缓进度，这是与生产一般工业产品的区别。

4. 软件质量难于保证

软件的质量问题与其他商品的质量问题有很大的不同。因为软件是属于计算机领域的产品，软件设计人员与用户对计算机的了解和想法有很大的距离，程序人员通常以自己的想法去理解用户对软件的要求，而计算机用户对自己所想使用的软件功能和性能在事前也难以说清楚，这样一来，在需求分析上就难免存在差距。在软件开发过程中，即使有多种文档，大量的素材仍在程序员的头脑中，软件也只有程序清单，这就使得不了解情况的人很难插上手，最终导致了软件的个性和维护十分困难。实际上对软件质量最有发言权的是用户，但用户无法也无力参与到软件的质量管理中，这就导致软件设计常有不少随意性，使软件的质量控制成为一个很难解决的问题，以至于计算机产业普遍存在投入了大额资金和大量人力，却得不到用户满意的产品的情况。如何控制和管理软件产品的质量，是软件行业从一开始就面临的问题，这个问题之所以难以解决，在于软件的特殊性。

5. 软件的个性与维护比较困难

正式投入使用的商业软件，在不同的运行条件下，也会出现故障，需要维护。但软件的维护与硬件的维护不完全相同。因为软件的个性表现为：

- 软件不是一种实物，而是逻辑元件，软件故障属逻辑故障，不是硬件的“用旧”、“损坏”之类的问题。维护软件不是更换某种备件，而是要纠正逻辑缺陷，使之改正错误，增加适应性并提高性能。
- 当软件系统规模庞大，问题复杂时，经常会发生“纠正一个错误带来更多错误”的问题。
- 软件修改和扩充表现为改变程序中的几条语句或几条指令，当系统投入运行后为适应新增或变化的设备条件，或为增添新功能，经常要进行维护。所以，软件的维护工作量较大。

综合以上所述，软件是计算机系统逻辑部件而不是物理部件，软件开发是逻辑思维过程，软件的工作量很难估计，进度难于衡量，质量也难于评价，维护工作量繁重。同时软件的复杂度随规模呈指数增加，往往需要许多人共同开发一个大型系统。团队开发软件虽然增加了开发力量，但也增加了额外的工作量，组织不严密、管理不善，常常是造成软件开发失败多、费用高的重要

原因。

1.1.2 改进软件过程的需要

不断改进软件开发过程是软件工程的基本原理之一。1995年正式发布的一项国际标准,即ISO/IEC 12207《信息技术-软件生命周期过程》,就把软件过程改进列为软件生命周期的17个过程之一。实践表明,软件过程需要不断完善,从而不断提高软件过程能力。

改进软件过程首先需要分析当前的过程状态,确定其需要改进之处,制定适当的改进策略。第一步就是要对当前的软件过程进行评估,找出其中的弱点;第二步才能依据科学的改进途径制定适当的策略。

1.1.3 降低软件风险的需要

软件产品开发的**风险**,一直是软件产业界和软件用户十分关注的问题,风险主要表现在开发成本和进度方面,特别是产品质量方面。为了降低风险,人们进行了大量工作,找到了一条防止风险的基本方法,就是首先要对软件产品提供者的软件过程进行评估,进而评价其软件过程能力。随着软件过程的成熟,软件过程能力得到提高,相应的风险将不断降低。降低软件风险要符合以下两条最基本的要求。

1) 软件采购者的需要:软件产品或软件服务的采购单位进行招标,在选择承制者时,为了降低风险,需要对备选单位的软件过程能力进行评价,而这种评价的依据是对该单位的软件过程进行评估的结果。

2) 软件承制者的需要:软件产品研制单位和软件服务单位在响应顾客的需要、进行投标时,为了降低风险,需要对自己的软件过程能力进行评价,避免承担力所不及的任务;而这种评价的依据仍然是根据实际需要,对相应软件过程进行评估的结果。

随着一个软件组织软件过程能力的提高,其完成软件产品时在预算、进度,特别是产品质量方面的风险就会逐步降低。随着软件过程的改进,开发周期的缩短,产品可靠性明显提高。

1.1.4 CMM 对软件需求管理的需要

软件生产一般包括“需求管理”、“流程设计管理”、“开发管理”、“测试管理”等主要过程。那么,软件的质量管理是从哪一个环节开始的呢?不是从设计阶段,更不是从开发阶段,而是从软件需求阶段就开始了。在软件生产过程中,“软件需求”的调查报告是一个生产过程的开始,软件质量的管理之路也就随之开始了。

1. 为什么要管理软件需求

简单来讲,软件开发团队的成功就是满足软件项目的需求。当今世界对软件的依赖程度急剧增长,面对质量和交付周期的固有矛盾以及各种动态因素的综合作用,软件需求日益复杂,软件开发成为一项跨越技能、职责范围和时间阶段的综合团队活动,协调统一是成功的必要条件。软件需求是统一的核心线索,需求管理正是协调的必由之路。

严格意义上来说,需求是系统或软件必须达到的目标和能力;需求管理是一种系统方法,用来获取、组织和记录需求,建立并维护客户、用户和开发机构之间针对需求变化的协议。

众多的实践证明,良好的需求管理对于降低开发成本和保障项目成功至关重要。根据权威机构的统计,在全世界范围内,仅有1/4的软件开发项目能在规定的时间和预算内达到客户的目标。综观这些项目各自总结出的十项首要成功经验,我们总能找到三个要素:有效的用户参与,明确的业务目标和稳定的基本需求。这三个要素的核心内容是软件需求,其核心活动是需求管理。

2. CMM 2 级对软件需求管理的指导

针对如何提高软件质量和开发效率,CMM 为我们提供了一整套综合见解和完整的框架。CMM

对软件开发机构投入产出比（ROI）的卓著贡献已经得到业界的广泛认可。

需求管理是 CMM 2 级的首要关键过程域（KPA），是软件开发活动中不可或缺的组成部分。需求管理的目的是在客户和开发机构之间建立一个共识，形成软件工程所必需的管理基线，从而对需求实施有效的控制。在软件开发活动中，所有的活动计划、日程安排、交付工件都要直接或间接地和需求保持一致，这是贯穿于 CMM 体系中的一个重要理念和准则。只有基于这种准则，软件开发组织才有可能进入浑然一体的境界：软件的技术需求、项目计划以及各项相关活动协调一致，井井有条。为了实现这一目标，开发组织需要付出的努力是多方面的。

最基本地，经过相关涉众（涉众是指会受到作为结果的目标软件系统实质性影响的个人。）审阅的软件需求必须形成“文档”。对“文档”的理解不应仅局限于平面化的文字文档，文档的存在形式可以是多种多样的，关键是文档所记录的内容能够为不同工种提供可用的信息依据。软件需求规约（SRS）作为项目的核心文档，用以全面详实地定义软件需求的要素。另外，面向客户和最终用户的通用词汇，描述软件产业做什么和为什么做的高层次规约也很重要。

为了达到有效管理软件需求的目标，开发必须投入必要的人力、资金和管理层支持。软件工程团队的成员和不同工程的团队成员应当接受必要的培训，以便完成与角色相应的需求管理任务。培训的内容要覆盖过程方法、标准以及针对应用领域的一些特殊问题。

软件需求的变更应当作为项目计划的有机组成部分被审阅。需求变更所牵涉的人员能够通过有效的机制来磋商和评估由于变更导致的影响。针对磋商和评估活动中的权衡和分析工作，CMM 建议我们至少要掌握三个方面的信息：软件需求的状态，软件需求的变更内容和累计变更次数，待决定的、被建议的、被批准的以及被融入基线的软件需求变更的个数统计信息。

3. CMM 3 级对软件需求管理的指导

根据 CMM 的建议，不应将需求管理当作瀑布式的简单文档化流程。CMM 的一个显著特征是将软件需求作为一个活跃的实体贯穿于整个开发过程之中，实施有效的需求管理事实上渗透在 CMM 的不同层次（Level）和众多关键过程领域之中。

对于那些准备通过 CMM 3 级评测的开发机构而言，基于一种被定义和文档化的标准实践流程来从事软件开发活动是工作的重点。该级别涉及七个关键过程域（组织过程焦点、组织过程定义、培训程序、集成软件管理、软件产品工程、组间协调和同行专家评审）。软件产品工程是一项旨在有机整合各项活动，快速有效地生产高质量的软件产品。该级别在关键过程域中明确指出：软件需求的获取、维护、归档和校验有赖于系统化的分析，这种分析要以项目所定义的软件开发流程为根据。该分析过程的目的是保证软件需求自身的有效性。

关键过程域“软件产品工程”中还明确指出：“一致性的维护要贯穿软件开发过程中的各种类型的工件（工件是指由软件开发流程所生成或使用的一组信息），包括软件开发计划、过程描述、需求信息、软件设计、编码、测试计划，以及测试流程”。根据 CMM 的指导，各种有价值的软件工件都需要归档和维护以确保其可用。

在 CMM 中，软件需求的变更被认为是软件开发活动中的一个必然组成部分。“冻结需求规约”的做法显然已经不能适应当今的商业环境和技术环境。取而代之的做法是建立相对稳定的软件需求基线，并将其融合到系统化的开发活动当中，以确保对需求变更的控制能够跨越不同工种和覆盖整个生命周期。

CMM 就软件需求的变更给出了几点针对性的指导建议：变更需要经过提请，分析并且在合适的条件下被整合；需求的变更等到批准并加以整合之后，相应的工件和活动才能变更；所有的变更从始至终被跟踪。在以需求为核心线索的开发过程中，确保所有的需求变更从始至终被跟踪，这也

是掌握开发活动来龙去脉的基本保证。需求的修订要由一组具有代表性和权威性的涉众代表审阅并认可后方可得到批准,这样能够确保在修订的需求中体现出不同背景和立场的影响力。涉众代表包括客户、最终用户、项目管理人员以及软件测试人员等。

根据 CMM 的要求,所有被批准的变更都要从始至终地记录在案,用作记录相关信息的文档也要接受控制和管理。此外,我们还需要掌握用以确定软件产品功能、质量及开发活动状态的信息。

作为一种应用广泛、具有影响力的软件过程控制和评估框架,CMM 只有映射到一个具体的系统化软件流程中才能体现出其真正的价值。换言之,准备通过 CMM 评估的开发机构应该以现有的流程和方法作为改进和优化其流程的基本出发点。

在软件需求管理方面,对于准备通过 CMM 2 级评测的开发机构,团队应将注意力放在以下几个方面:

- 软件需求必须形成文档;
- 软件需求必须能被控制,进而建立工程和管理的基础;
- 成员必须接受需求管理培训;
- 建立衡量需求状态的信息。

对于准备通过 CMM 3 级评测的开发机构,应将注意力放在以下几个方面:

- 对需求进行系统化分析,确保软件需求的完整性、一致性和可测试性;
- 软件需求、设计、编码和测试用例都能够回溯到相应的源头,在需求发生实质变更之前能够判别该变更所带来的潜在影响;
- 需求的修订应遵从统一的流程,需求的变更应从始至终被跟踪,软件需求文档应当通过配置和变更管理工具进行管理。

最后要强调的是,软件能力成熟度水平是衡量机构的软件开发过程、流程成熟度的标准,不应该被当做开发流程改进的奋斗目标。开发机构切忌本末倒置,应该以现有流程为基础,实事求是地改进、优化各项具体工作,参照过程成熟度模型全面提升开发机构的软件能力和需求管理能力。

1.2 能力成熟度模型的基本概况和主要用途

要了解能力成熟度模型,就需要对能力成熟度模型的基本概况和主要用途有所了解。

1.2.1 能力成熟度模型的基本概况

能力成熟度模型的基本概况可从能力成熟度模型的发展概况、架构和意义来进行讨论。

1. 能力成熟度模型的发展概况

一个企业的生存和发展很大程度取决于用户的信任、支持和对产品质量的满意程度。尤其是软件企业,用户满意的一个最基本因素就是软件质量。由于软件过程通常由临时的项目开发人员和管理者拼凑而成,所以没有严格的管理制度和规范化的标准,成功取决于少数人的努力。解决软件生产过程中的问题和判断产品质量的好坏没有一个客观的标准,因此造成了软件产品质量很难预测。为了提高软件质量,国内外学术界、企业界在软件工程技术和工具方面投入了大量的人力、物力和财力,希望能找到一种提高软件质量的有效方法。

1986 年 11 月,SEI 应美国联邦政府的要求开始研究软件能力成熟度模型。在 Mitre 公司的协助下,SEI 于 1987 年 9 月开发了一套软件能力成熟度框架和一套软件成熟度问卷,用来评估软件供应商的能力。这就是最早用于探索软件开发过程成熟度的一个工具。

四年以后,也就是 1991 年,SEI 自己总结了 CMM 成熟度框架和初版成熟度问卷的实践经验,

并以此为基础推出民用 CMM 1.0 版。

CMM 1.0 版投入使用两年后的 1992 年 4 月, SEI 举行了 CMM 一个的研讨会, 参加研讨会的有大约 200 名富有经验的软件专家。SEI 在广泛听取他们的意见之后, 又于 1993 年推出 CMM 1.1 版。这也是目前世界上比较流行和通用的 CMM 版本。

十几年来, 更新 CMM 版本的工作一直在进行。按照 SEI 原来的计划, CMM 的改进版本 2.0 应该在 1997 年 11 月完成, 然后在取得版本 2.0 的实践反馈意见之后, 在 1999 年完成准 CMM 2.0 版。但是美国国防部办公室要求 SEI 推迟发布 CMM 2.0 版, 先要完成一个更为紧迫的项目 CMMI。

CMMI (Capability Maturity Model Integration), 即能力成熟度模型集成。这也是美国国防部的一个设想, 他们想把现在所有的以及将开发出来的各种能力成熟度模型, 集成到一个框架中去。这个框架有两个功能, 第一, 软件获取方法的改革; 第二, 建立一种从集成产品与过程发展的角度出发, 包含健全的系统开发原则的过程改进。

随着人们对 CMM 研究的不断深入, 其他学科也结合本系统的特点, 陆续推出了自己的 CMM 模型。例如, 人力资源能力成熟度模型、系统工程能力成熟度模型等。为了以示区别, 国内外很多资料把 CMM 叫做 SW-CMM。

2. 能力成熟度模型的架构

CMM 提供了一个阶梯式的进化架构, 将软件过程改进的进化步骤分成 5 个等级, 为过程不断改进奠定了循序渐进的基础。进化架构如图 1-1 所示。

阶梯式的进化架构图定义了一个有序的尺度, 每一个等级为一个台阶: 从一级到二级是规范化过程; 从二级到三级是标准化、稳定的过程; 从三级到四级是可预测的过程; 从四级到五级是持续改进过程。

CMM 以具体实践为基础, 是软件工程实践的纲要, 以逐步演进的架构形式, 不断地完善软件开发和维护过程, 成为软件企业变革的内在原动力, 与静态的质量管理系统标准 (例如 ISO 9001) 形成鲜明对比。ISO 9001 在提供一个良好的体系结构与实施基础方面是很有效的; 而 CMM 是一个演进的、有动态尺度的标准, 以驱使着一个组织在当前的软件实践中不断地改进完善。

CMM 阶梯式进化架构提出了一个以有纪律的、协调的方式提高软件产品的管理和开发工作的概念结构。

3. 能力成熟度模型的主要意义

能力成熟度模型 (CMM) 并不意味着生产效率是最高的, 也不意味着是最高水平的组织。CMM 只是一种形式, 表示你是否有一定的程序来遵循, 它是大型项目开发的必要条件, 不是充分条件, 因为 CMM 不检测程序的内容, 只检测程序的形式。能力成熟度模型的主要意义如下。

1) 对软件公司的意义:

- 提高软件公司软件开发的管理能力;

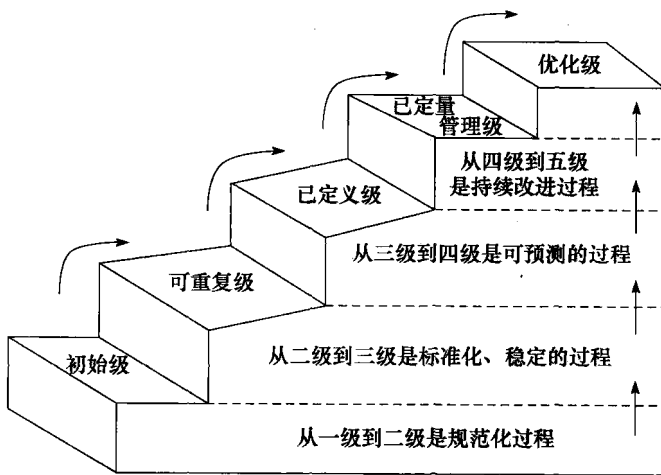


图 1-1 CMM 阶梯式进化架构图