

...the revolutionary new design... its striking design, it combines the excitement of the internet with the power and simplicity of a Macintosh. It comes complete with a powerful 233-MHz PowerPC G3 processor that tears through multimedia rich CDs and Internet applications; an ultra-sharp built-in color monitor; a superfast 56K modem; two USB ports for better connections and performance from your peripherals; and a rich selection of useful software to help you become more productive from the start.

Macintosh G3... \$1,249

The Power Macintosh G3 combines... processor technology and... performance. Run large multi... communicate faster. These... to services. Now you can choose...

Power Macintosh G3

...With the Apple Computer Loan... per month for the first 12 months...

Power Macintosh G3

...With the Apple Computer Loan... per month for the first 12 months...

Power Macintosh G3

...With the Apple Computer Loan... per month for the first 12 months...

Apple Multiple Scan

...With the Apple Computer Loan... per month for the first 12 months...

The powerful yet very... was designed with... the performance required... With a built-in 15-inch (15.4-inch) display, 2x speed minimum... complete solution.

Power Macintosh G3 all-in-one computer

...With the Apple Computer Loan... per month for the first 12 months...

Power Macintosh G3 all-in-one computer

...With the Apple Computer Loan... per month for the first 12 months...

Once again, Apple leads the field in power... computers with the Macintosh Powerbook G3... a superfast PowerPC G3 processor that easily... can new Powerbook computers pack desktop system performance and built-in connectivity into a sleek, highly portable package. Join the Apple Store. It's all here for the first time.

软件

能力成熟度模型

CMMI

方法及其应用

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

杨一平等 著

北京市自然科学基金《SW-CMM 模型技术促进北京市软件企业升级换代的研究》课题组
国家社会科学基金《基于高新技术的我国软件产业发展规划构想的研究》课题组

软件能力成熟度模型 CMM 方法及其应用

杨一平 等著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

软件能力成熟度模型 CMM 方法及其应用/杨一平编著. —北京:
人民邮电出版社, 2001.4

ISBN 7-115-09085-8

I. 软... II. 杨... III. 软件—质量管理—研究 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 18884 号

软件能力成熟度模型 CMM 方法及其应用

- ◆ 著 杨一平 等
责任编辑 李 晶
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义向阳胶刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 720×980 1/16
印张: 18.25
字数: 326 千字 2001 年 4 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2001 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09085-8/TP·2053

定价: 31.00 元

前 言

21 世纪是信息社会高速发展的世纪。软件作为信息技术的核心，起着至关重要的作用。随着信息经济、网络经济和科学技术的发展，各行各业都离不开计算机系统的应用。软件是计算机系统的中枢神经，决定着系统的功能水平。面对计算机应用的需求和潜在的软件市场，研究如何更快、更好、更方便地开发出各种不同的软件产品来满足用户的需求，始终是软件工作者追求的目标。

随着信息产业的发展，人们日益关注软件开发过程中管理的规范化及标准化问题。本书所涉及的软件能力成熟度模型，在国外已得到普遍重视，但在国内还是一种新的管理方法。众所周知，我们正处在全球性竞争空前激烈的时代，软件质量的提高与创新对任何一个企业或集团的生存和发展都有举足轻重的意义。近几年国外软件产业发展的成果是惊人的。究其原因，一些大的软件企业除了注重软件产品的标准化以外，更注重软件开发过程的标准化，广泛地采用了由美国卡内基·梅隆大学软件工程研究所提出的软件能力成熟度模型，简称 CMM。该模型提供了一个软件工程成果和管理方法的框架，自 90 年代初正式提出以来，已在北美、欧洲和日本成功地应用。现在该模型已成为事实上的软件过程改进的工业标准。我国的软件基础相对薄弱，为了加快我国软件产业的结构调整和发展，必须吸收国外运用高新技术促进软件企业升级换代的成功经验。这也就是我们要对 CMM 进行研究并在软件企业中加以应用的原因。

本书的编写是在收集国际上的一些研究机构对 CMM 模型的研究成果和结合北京市自然科学基金及国家社会科学基金课题项目研究成果的基础上进行的。

本书第 1、2 章由杨一平、郝海静、许向荣、魏亚卿、翟毅南、王以良等编写，第 3 章由邵丽、翟毅南、王以良、郝海静、张玉祥、田新民、黄叔武、杨一平、郑人杰、许向荣等编写，第 4 章由姜不夜、翟毅南、王以良、马慧等编写，第 5 章由

王以良、翟毅南、田新民、王电等编写，第6章由杨一平、郝海静、魏亚卿、张晓军等编写，第7章由马慧、杨一平等编写，第8章由全体课题组人员共同编写。全书由杨一平、黄叔武、许向荣、郑人杰统稿和审查，课题组集体讨论定稿。另外，郝海波老师和研究生胡小松、董锋、尹海琴也做了不少工作，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

内 容 简 介

软件能力成熟度模型（CMM）在国外软件企业中应用很广泛，它为软件企业开展质量管理、上规模和出效益指出了一条可行之路。

本书共分 8 章，内容包括：第 1、2 章介绍 CMM 的基本概念、基本原理和体系结构。第 3、4、5、6 章分别介绍每个软件成熟级别的详细标准（1 级除外）。第 7 章介绍 CMM 和 ISO9000 的区别所在。第 8 章介绍了本书作者在北京市自然科学基金和国家社会科学基金课题研究中的部分观点，从国内外软件产业实施 CMM 的情况，提出了我国软件产业实施 CMM 的对策。

本书可以作为从事软件行业的工程技术人员、软件过程管理人员和软件企业经理们的参考书，也可供计算机软件专业、信息管理专业本科和研究生参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 软件与软件产业的发展过程	1
1.1.1 软件及其特殊性	1
1.1.2 软件开发技术的状况	4
1.1.3 软件工程与软件过程管理	7
1.1.4 软件产业与 CMM 的提出	9
1.2 CMM 的发展过程	10
1.2.1 CMM 的概况	10
1.2.2 CMM 产生的理论基础	12
1.2.3 CMM 的发展过程	13
1.2.4 CMM 今后的发展方向	14
1.3 CMM 与软件产业	15
1.3.1 CMM 对软件产业的作用和影响	15
1.3.2 我国现阶段软件产业所面临的机遇和挑战	16
第 2 章 CMM 的体系结构	18
2.1 CMM 的基础知识	18
2.1.1 专业术语	18
2.1.2 不成熟与成熟软件组织的特征	19
2.1.3 CMM 的体系结构	20
2.2 CMM 的主要内容	22
2.2.1 软件过程的可视性	22
2.2.2 CMM 的内容	24
2.2.3 CMM 的内部结构	31
2.2.4 如何运用 CMM	38
2.3 CMM 各级之间的关系	41

2.3.1	软件企业自身的现状与 CMM 的级别	42
2.3.2	从初始级向可重复级过渡	43
2.3.3	从可重复级向已定义级过渡	44
2.3.4	向已管理级和优化级过渡	45
2.4	CMM 实施的人员构成和组织机构划分	46
2.4.1	角色（人员）的构成	46
2.4.2	组织机构的划分	48
2.4.3	组织机构的独立性	50
2.5	CMM 的初始级	51
第 3 章	可重复级(第 2 级)	52
3.1	需求管理	54
3.1.1	什么是需求管理	54
3.1.2	需求管理的基础	55
3.1.3	实施需求管理的活动	56
3.1.4	需求管理的实施过程	58
3.1.5	需求管理的评价	62
3.2	软件项目计划	62
3.2.1	什么是软件项目计划	63
3.2.2	软件项目计划的基础	63
3.2.3	实施软件项目计划的活动	65
3.2.4	软件项目计划的评价	69
3.2.5	软件项目计划的实现过程	70
3.3	软件项目跟踪和监控	71
3.3.1	什么是软件项目跟踪和监控	72
3.3.2	软件项目跟踪和监控的基础	73
3.3.3	实施软件项目跟踪和监控的活动	74
3.3.4	软件项目跟踪和监控的评价	78
3.4	软件转包合同管理	79
3.4.1	什么是软件转包合同管理	80
3.4.2	软件转包合同管理的基础	80

3.4.3	实施软件转包合同管理的活动	81
3.4.4	软件转包合同管理的评价	86
3.5	软件质量保证	87
3.5.1	什么是软件质量保证	87
3.5.2	软件质量保证的基础	88
3.5.3	实施软件质量保证的主要活动	90
3.5.4	软件质量保证的评价	92
3.6	软件配置管理	93
3.6.1	什么是软件配置管理	94
3.6.2	软件配置管理的基础	95
3.6.3	实施软件配置管理的主要活动	97
3.6.4	软件配置管理的评价	100
3.7	某公司实施 CMM 二级过程的部分样例	101
3.7.1	项目管理策略	102
3.7.2	项目管理过程概要	104
3.7.3	需求管理过程	109
3.7.4	评估过程	110
3.7.5	项目跟踪过程	112
3.7.6	软件质量保证过程	113
3.8	可重复级(第 2 级)的关键过程域工作流程图	117
第 4 章	已定义级(第 3 级)	121
4.1	组织过程焦点	122
4.2.1	什么是组织过程焦点	122
4.2.2	组织过程焦点的基础	123
4.2.3	组织过程焦点的活动	124
4.2.4	组织过程焦点的评价	126
4.2	组织过程定义	126
4.2.1	什么是组织过程定义	126
4.2.2	组织过程定义的基础	128
4.2.3	组织过程定义的活动	129

4.2.4 组织过程定义的评价	132
4.3 培训程序	133
4.3.1 什么是培训程序	133
4.3.2 培训程序的基础	134
4.3.3 培训程序的活动	135
4.3.4 培训程序的评价	137
4.4 集成软件管理	138
4.4.1 什么是集成软件管理	138
4.4.2 集成软件管理的基础	139
4.4.3 集成软件管理的活动	140
4.4.4 集成的软件管理的评价	145
4.5 软件产品工程	146
4.5.1 什么是软件产品工程	146
4.5.2 软件产品工程的基础	147
4.5.3 软件产品工程的活动	149
4.5.4 软件产品工程的评价	153
4.6 组间协调	155
4.6.1 什么是组间协调	155
4.6.2 组间协调的基础	156
4.6.3 组间协调的活动	157
4.6.4 组间协调的评价	159
4.7 同级评审	160
4.7.1 什么是同级评审	160
4.7.2 同级评审的基础	161
4.7.3 同级评审的活动	162
4.7.4 同级评审的评价	163
4.8 已定义级(第3级)的关键过程域工作流程图	164
第5章 已管理级(第4级)	169
5.1 定量过程管理	169
5.1.1 什么是定量过程管理	169

5.1.2	定量过程管理的基础	170
5.1.3	实施定量过程管理的活动	171
5.1.4	评价	175
5.2	软件质量管理	176
5.2.1	什么是软件质量管理	176
5.2.2	软件质量管理的基础	176
5.2.3	实施软件质量管理的活动	177
5.2.4	评价	180
5.3	已管理级(第 4 级)的关键过程域工作流程图	181
第 6 章	优化级 (第 5 级)	183
6.1	缺陷预防	183
6.1.1	什么是缺陷预防	183
6.1.2	缺陷预防的基础	184
6.1.3	实施缺陷预防的活动	185
6.1.4	评价缺陷预防活动的方法	189
6.2	技术改革管理	190
6.2.1	什么是技术改革管理	190
6.2.2	技术改革管理的基础	190
6.2.3	实施技术改革管理的主要活动	192
6.2.4	评价技术改革管理的方法	194
6.3	过程变更管理	195
6.3.1	什么是过程变更管理	195
6.3.2	过程变更管理的基础	195
6.3.3	实施过程变更管理的主要活动	197
6.3.4	评价过程变更管理的方法	201
第 7 章	CMM 过程控制和 ISO9000 评价标准的区别	203
7.1	质量管理的发展过程	204
7.2	ISO9000 标准系列简介	206
7.2.1	ISO9000 标准系列框架	206
7.2.2	ISO9000—2000 版简介	210

7.3 CMM 与 ISO9000 标准的关系	211
第 8 章 我国软件产业实施 CMM 的对策研究	215
8.1 软件业发展现状与趋势	215
8.1.1 国内软件业发展状况	216
8.1.2 国外软件产业发展状况	222
8.1.3 国内外软件产业的比较	225
8.1.4 寻找差距分析制约因素	225
8.2 CMM 对我国软件产业的适用性	228
8.2.1 国外成功经验的借鉴	229
8.2.2 推广 CMM 的可行性和必要性	230
8.2.3 实施 CMM 的关键是什么	234
8.2.4 采用 CMM 对我国软件产业发展的重要意义	236
8.3 在软件企业中如何实施 CMM	237
8.3.1 实施 CMM 的示例分析	237
8.3.2 组织管理规范化是 CMM 的核心	241
8.3.3 团队精神在 CMM 中体现	243
8.3.4 可持续发展在 CMM 中体现	245
8.3.5 以 CMM 的 2、3 级作为我国软件产业发展的切入点	246
8.3.6 在条件成熟的软件企业开展 CMM 实施工作	255
8.3.7 企业实施 CMM 与 CMM 认证的关系	266
8.4 基于 CMM 对我国软件产业发展规划构想	267
8.4.1 采用 CMM 的准备工作	268
8.4.2 实施 CMM 的重点措施	272
8.4.3 对加快我国软件产业实施 CMM 的主要政策的建议	273

第1章 绪 论

1.1 软件与软件产业的发展过程

软件产业已逐步从一个弱小的产业部门跃居为新兴的、发展最快的和潜力巨大的产业部门。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；没有先进的信息技术产业，就不可能有先进发达的国民经济。世界上不论是发达国家还是发展中国家都意识到了软件的重要性。

本节从软件、软件工程、软件过程管理和软件产业的概念入手，阐述软件与软件产业发展过程的现状。

1.1.1 软件及其特殊性

通常所说的软件是相对于硬件而言的，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。

一般说来，软件包括三层含义。第一，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。第二，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。第三，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，软件应用中出现的问题也越来越多。下面我们从五个方面进行描述。

1. 软件成本高

50年代，计算机系统应用于非常狭窄的领域，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，计算机硬件的

价格不断下降，软件成本在计算机系统中所占的比例越来越大。到 60 年代中期已经增至 50%左右，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，占总数的 56%。此后计算机硬件的成本持续降低，而软件成本则不断增加，软件成本在计算机家族总成本所占的比例呈现日益扩大的趋势。如图 1.1 所示。

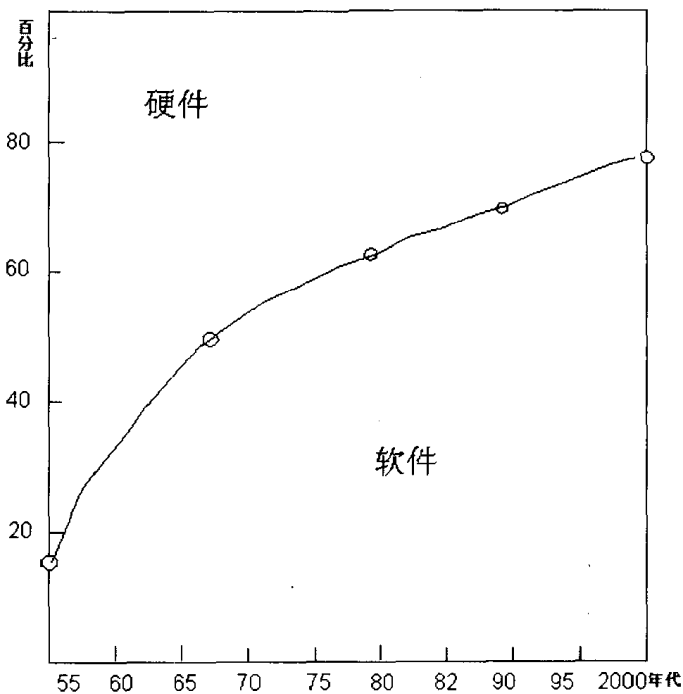


图 1.1 软硬件费用之比

2. 软件开发的进度难于控制

软件是一种逻辑系统，设计软件比设计硬件所使用的逻辑量要多 10 到 100 倍。为了完成一个复杂的软件系统，人们常常要考虑建立一个庞大的逻辑体系。此外，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，出什么样的结果，事先很难预料。软件的这一特点，不仅给项目计划和论证工作带来很大的困难，而且使软件开发过程很难保证按预定计划实现。

3. 估计软件工作量很困难

通常，我们完成一项任务时，需要根据其复杂性、工作量及进度要求安排人力，但是软件的工作量是很难估计的。这是因为，一方面软件开发实际上是逻辑思维过程，在写出程序并拿到计算机上运行之前，软件开发的进展情况难于衡量，质量也难于评价，因而其工作量是很难估计的。另一方面，软件规模和复杂性呈指数巨增，开发一个大型软件系统，往往需要成百上千人分工协作。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不同之处。

4. 软件质量难于保证

软件不同于硬件，软件不会用坏，不存在零件更换问题，但不允许存在误差，不能发生错误，否则后果十分严重。医疗系统中的软件错误可能造成生命危险，银行系统中的软件错误会使金融混乱，航空管理系统中的错误会造成飞机失事。例如，美国在一次发射火箭的实验中，由于飞行计划程序里漏掉一个连字符而导致了火箭实验的失败。

软件一旦发生错误时，只能在生产现场改正或修改原来的设计。大型系统在开发时，无法看出是否能正确工作，错误率高，质量很难控制。日本投入 50 亿美元开发第五代计算机的计划，就因为软件原因而下马。

软件的质量问题与其他商品的质量问题有很大不同，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，即使本人是技术人员也不例外，这样在需求分析上就难免存在差距。此外，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，最终导致了软件的修改和维护十分困难，有时甚至无法开展。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加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，以至计算机软件产业普遍存在投入了大额资金和大量人力，而得不到用户满意的产品。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. 修正维护软件困难

实际上即使是正式投入使用的商业软件，总会存在一定数量的缺陷。随着时间的推移，在不同的运行条件下，软件会出现故障，需要维护。但软件的维护与硬件的维护不完全相同。因为：（1）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，或提高性能；（2）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的新错误”的问题；（3）软件修改和扩充表现为改变程序中几条语句或几条指令，当系统投入运行后为适应新增加或变化的设备条件或为增添新功能，经常要提出要求进行维护。因此，软件的维护工作量较大。

综上所述，由于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，度量也难于评价，成本高，维护工作量繁重。同时软件的复杂度随规模按指数增加，这就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，费用高的主要原因。人们面临的不仅是技术问题，更重要的是管理问题。

1.1.2 软件开发技术的状况

从第一台电子计算机问世以来，计算机的数量由少到多，存储容量不断扩大，运算速度不断提高，体积微型化，从单机运行到互联成网，计算机硬件技术的每次突破，都为软件技术的发展提供了更加广阔的空间，开拓了新的、更为广阔的应用领域。计算机的应用领域已从单纯的科学计算发展到军事、经济文化、科学、社会主流的各个方。面。软件系统从简单发展到复杂，从小型发展到大型，由封闭系统发展成为开放的不断演化的系统。在计算机技术不断发展的过程中，软件开发方面，从注意技巧发展为注重管理，软件开发过程从目标管理转向过程管理，力图在可接受的性能价格比条件下，不断改进个人和软件开发组织的开发过程，强调在各自条件下追求软件过程的改进。为了使软件开发能步入一个正确的、良性循环的轨道，

让我们回顾一下软件开发所走过的道路。如表 1-1 所示。

表 1-1

年代	软件开发技术的状况	
40 年代~ 50 年代	处理对象	机器码（指令操作系统，数据码）软件开发称为程序编码，阅读调试都非常困难
	用途	科学计算或与军事有关的计算问题，用途是快速计算，使用范围很窄
	环境与目的	裸机，没有装入任何软件，机器只识别二进制代码。程序人员编程的目的是确定计算机硬件的动作序列，使计算机自动完成计算任务
	开发方法	依靠逻辑能力，施展高技巧
60 年代	处理对象	多种符号语言，语言可独立于机器。人们只要考虑解题步骤而不考虑机器的内部结构和不同机器的特点，方便编程，扩大了解题规模与难度
	用途	科学计算，进入商业、银行等领域，开发了操作系统。非数值的商业应用得到极大发展
	环境与目的	机器配有高效程序设计语言，这时编程的目的不关心计算机硬件的动作，而是要确定程序人员定义的动作序列，这种动作代表了一系列的计算机指令的执行，程序员控制的动作程度大大增加
	开发方法	功能性程序设计技术，针对特定问题，根据所需问题，制定特定方法。编程无章法，类似于智力游戏，依赖于才智与技巧。但由于高级编程语言的发展，使程序的编写与执行程序的计算机硬件无关，开始认识到软件应独立于硬件，软件不同于硬件，开始认真研究“软件危机”，为此借助于工程学，以“软件工程”（强调组织管理的软件开发方法）来解决“软件危机”，其特点是强调开发的可见性来支持开发管理
70 年代	处理对象	程序设计=数据结构+算法，“小规模系统程序的设计”
	用途	主要是大量的各种类型的非数值计算的商业事务应用，并涉及大量智能领域，如自动巡航的机器人，字处理系统，图像识别，语言生成等