电子与信息工程、管理工程

文章编号：1000-8608(2010)03-0432-06

一种基于关键因素划分的CMM软件过程改进模型研究

王　宁*，邱绪东

（大连理工大学 管理学院，辽宁 大连　116024）

摘要：针对软件能力成熟度模型(CMM)在软件企业过程改进中存在的具体问题，结合国内软件企业的实际情况，从关键因素、模型结构、评价方法这3个方面对CMM进行合理简化和改进，在此基础上提出一种基于因素划分的CMM.该模型将CMM关键过程域分成关键部分和非关键部分，关键部分合理地继承了原有的关键过程域，非关键部分引入专家评审机制辅助关键部分起作用，从而构建一种半结构化的软件过程能力评价方法，以适应我国软件企业过程能力改进的具体情况.

关键词：CMM；软件过程；软件过程改进；关键过程域；软件能力评估

中图分类号：TP311　　**文献标志码**：A

0　引　言

CMM是目前国际上流行的软件过程能力成熟度认证标准，很多国际知名企业依据CMM改进软件过程，取得CMM认证，对软件的发展起了巨大的推动作用[1].在我国CMM已经受到软件企业的重视，但是，在利用CMM对软件企业过程改进的过程中，经常会发现CMM与我国软件企业的实际情况差别比较大.一方面，关键域及关键实践设置过于复杂，实施周期长难度大，虽然CMM具备比较详备的过程域，但是还是没有完全涵盖我国软件企业的特殊性[2]；另一方面，CMM主要针对大型的软件开发企业，与目前国内软件企业的规模、企业文化、软件生产模式、组织模式有一定的差异[3]；此外，CMM针对我国形式多样的软件企业显得过于固化，缺乏灵活性[4]，所以在利用CMM对我国软件企业进行过程改进时，不能完全照搬，而必须结合国内软件企业的实际情况做适当的改进.本文结合我国软件企业的实际情况，从关键因素、模型结构、评价方法这3个方面对CMM合理简化和改进，提出一个关键过程域与非关键过程域相结合的能很好地适应我国软件企业形式多样化的CMM改进模型.

1　CMM基础理论和核心思想

CMM(capability maturity model)是由美国卡内基·梅隆大学软件工程研究所(SEI)研发的能力成熟度模型，用于评价软件机构的软件过程能力成熟度，但它的作用不仅是评价体系，同时提供了一个软件过程改进的框架[5].

1.1　CMM的过程成熟度框架

CMM将软件能力成熟度分为5个等级(如图1所示)，形成了一个逐步升级的台阶.其中每个等级的过程能力将作为到达下一更高等级的基础，成熟度不断升级的过程也是其过程能力逐步积累的过程[6].

CMM的5个成熟度等级中除了初始级外都包括多个关键过程域(KPA)，而每个关键过程域由多个关键实践(KP)组成，5个级别共包含18个关键过程域52个目标和316个关键实践[7]，关键实践的度量结果决定软件过程能力成熟度的等级.在实际应用中，通常以过程成熟度框架作为指导原则，设定一组关键过程域，通过有限的关键实践对软件企业的软件过程和软件能力进行评估，根据评估结果不断提高软件的过程能力以达到过程能力改进的目的[8,9].

收稿日期：2008-03-20；　**修回日期**：2010-03-09.
基金项目：国家社会科学基金资助项目(07CTQ006)；辽宁省教育厅科学技术研究资助项目(2009B044).
作者简介：王　宁*(1973-)，男，博士，讲师，E-mail：wn_dl@sohu.com.

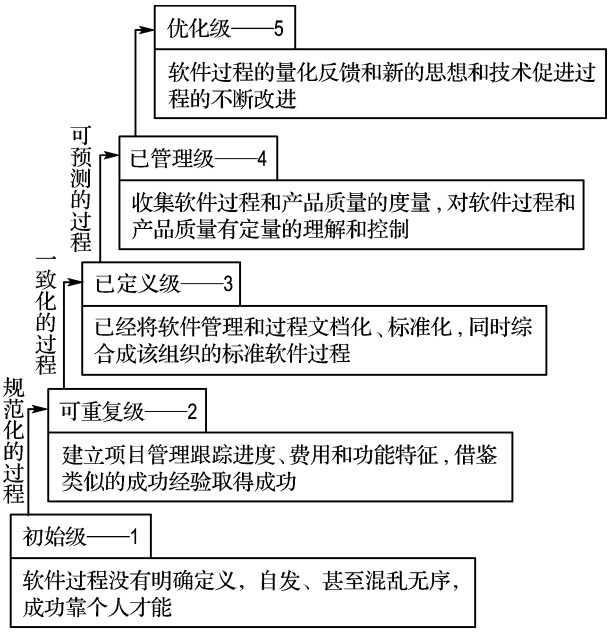

图 1　CMM 等级

Fig. 1　The grades of CMM

1.2　CMM 的评估方法

CMM 有两种通用的评估组织软件过程成熟度的方法：软件过程评估和软件能力评价. 前者集中关注组织自身的软件过程，在一种合作的、开放的环境中进行. 后者集中关注在预算和进度要求范围内制造出高质量软件产品的软件合同及相关风险. 这两种评价方法的基石是关键域，关键域由有限关键实践活动组成，只有达到一定阀值的关键实践得到实现时，才能通过该关键过程域的评估. 这种方法虽然简单易行，但是忽视了一个问题，即对于关键实践只有满足和不满足、通过和不通过两种选择，而没有对关键实践符合程度、满足程度的数据度量，另外模型还缺乏必要的灵活性和对企业具体情况的适应性[10,11].

2　CMM 的改进

2.1　关键因素的改进

CMM 代表大型软件企业的“共性”，而目前我国软件企业的现状是大部分还处于中小规模，全部照搬照抄地开展 CMM 软件过程改进存在很多问题. 首先，CMM 针对的是大型软件企业，很多关键实践对中小型软件企业并没有意义，如果原原本本地对照每一项关键实践进行过程改进，则实施费用高、周期长、企业负担重，而且缺乏针对性，效果不明显；其次，CMM 中关键实践域、关键实践划分都是预先定义和明确的，没有考虑到与我国软件企业相关的特有情况，另外，CMM 固化的模式往往容易导致错误地认为 CMM 是一个评价体系，忽略了 CMM 过程改进框架的作用，容易造成以认证级别为目标的结果导向，从而影响了 CMM 的实效. 所以，为了有效地利用 CMM 改善软件开发的质量，需要根据我国软件开发企业的实际情况对 CMM 中的关键因素进行改进，首先要对关键域进行剪裁，18 个关键过程域 316 个关键实践过于繁杂，需要合理地删去一些不重要也不关心的关键域；其次，结合具体情况增加必要的关键域；再者，对原有关键域设置中不适合的部分进行修改，改进或替换成符合我国软件企业现实情况的关键域[12,13].

2.2　模型结构的改进

CMM 适应性差的一个重要原因是模型评判框架相对固定的结构，其实可以通过一种灵活的半结构化模式来改善 CMM 的灵活性和适应性[14]. 在划分能力等级的同时，考查能力等级的标准分成关键部分和非关键部分. 关键部分由 CMM 各等级中核心内容有选择地组成，也可以根据具体情况制定关键因素；非关键部分由 CMM 等级中考察内容组成，根据具体情况制定，也可以由 CMM 原有不是关注重点的关键域组成. 关键部分利用已有的 CMM 评估算法，要求每一个关键域中关键实践的通过数要达到一定的阀值才能说明关键域的通过；非关键部分引进专家评定方法，根据投入产出的边际效益递减原理确定阀值 V_b，首先通过历史数据使用隶属度函数方法求得软件过程改进投入产出比的函数为 $f(x)$，通过二次求导 $f(x)$ 得到边际效益递减点，根据 $f''(x)=0$ 求得软件过程改进最恰当的阀值 V_b，同时还可以根据模糊数学理论引入一个符合度的概念来衡量非关键过程域满足度. 另外根据专家组意见确定各指标权重，组织评估专家对各个非关键部分的关键实践打分，然后根据权值计算非关键部分的总体结果，根据总体结果值和阀值 V_b 的比较判断是否满足非关键部分评估. 只有关键部分和非关键部分都通过才能说明满足该级别的 CMM 评定，否则认定没有通过该级别的 CMM 认证. CMM 改进模型也是由 5 个等级构成，先考察低级别再考察高级别的软件过程能力，可以形式化描述如下：

$$CMM = CL[1];\ CL[2];\ CL[3];\ CL[4];\ CL[5] \tag{1}$$

除了第一级外，其余等级都可以扩展为关键

部分和非关键部分：

$$CL[1]=\varnothing \tag{2}$$

$$CL[i]=NKPA_i \wedge EKPA_i, 2\leqslant i\leqslant 5 \tag{3}$$

$NKPA_i$ 代表关键部分是否满足，采用已有的 CMM 关键域的判定方式；$EKPA_i$ 代表非关键部分是否满足.

新模型的软件过程改进框架如图 2 所示. 具体步骤如下：

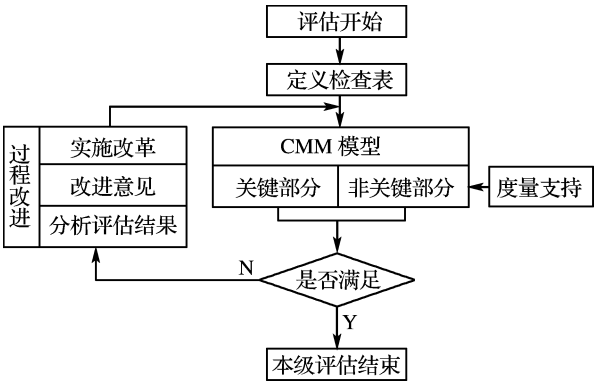

图 2 CMM 改进模型框架

Fig. 2 Frame of the improved CMM

步骤 1 定义检查表. 针对需要改进的软件过程，参照原有的 CMM 的关键实践定义检查表项；而后，根据历史数据或行业数据设置关键实践的权重和过程阀值.

步骤 2 根据模型，组织专家进行打分，计算过程域的分值，进行过程域评审. 专家组由在软件开发和管理方面经验丰富的人士组成，而且他们不归属于任何一个软件工程小组，以示公平.

步骤 3 比较评估结果和阀值的大小，如果关键部分和非关键部分都能通过自己的阀值，则说明达到该级别评估要求，可以进入下一级评估流程，否则转到步骤 4.

步骤 4 对照检查表，分析评估结果，提出改进意见，实施软件过程或产品的改进. 在改进实施完之后，再转到评估流程的开始，依次循环直到软件过程改进结束.

2.3 改进模型评价结果的计算

在完成对 CMM 关键因素改进的基础上，按照各个非关键过程和实践的重要性，对其赋予不同的权重. 评价过程统一采用百分制评价方法，针对无法精确量化的实践，设定评语集和对应的量化表，评语集 $Y=\{$极差，很差，较差，一般，较好，很好，极好$\}=\{L_1,L_2,L_3,L_4,L_5,L_6,L_7\}$，$L_j(1\leqslant j\leqslant 7)$ 对应的百分制等级量化表如表 1 所示.

表 1 评语量化表

Tab. 1 Quantified table of remark

级别	范围
L_1	0～15
L_2	16～30
L_3	31～45
L_4	46～60
L_5	61～75
L_6	76～90
L_7	91～100

评审专家针对过程域 KPA_i，对照检查表，根据评语集 Y 对逐项实践 KP_j 进行打分 MK_j，描述其对检查项中活动的满意程度；结合专家的权重 K_x，生成对第 i 个非关键过程域第 j 个实践的评估结果

$$S_{ij}=\sum_{x=1}^{y}K_x\times MK_j \tag{4}$$

式中：y 为评估专家的个数.

然后，结合过程域和实践的权重计算非关键部分得分为

$$M=\sum_{i=1}^{n}P_i\times\left(\sum_{j=1}^{m}P_j\times S_{ij}\right) \tag{5}$$

式中：M 为模型中非关键部分的得分；P_i 为过程域的权重；P_j 为过程域中关键实践的权重；S_{ij} 为过程域关键实践的评估结果；n 为过程域数目；m 为过程域关键实践的数目.

比较 M 和 V_b 的大小，决定是否达到该级别评估要求，满足要求可以进入下一级评估流程，否则对照检查表，分析评估结果，提出改进意见，来实施软件过程或产品的改进. 在实际操作中，软件过程改进是一个持续的过程，依次循环最终达到软件过程能力提高的目的.

3 CMM 改进模型的具体实施与应用

虽然 CMM 是一个完整的技术体系，但是从目前我国软件开发实际情况看，要提高软件过程能力成熟度，首先应该从 CMM2 级做起. 下面结合上文所提出的 CMM 改进方法针对 CMM 二级进行改进，并在大连盛华软件公司的过程改进中应用.

3.1 依据新模型对原 CMM 重复级改造

二级“可重复级”是第 1 个软件过程改进的台阶，二级中的 6 个关键过程域（KPA）（需求管理、软件项目策划、软件项目跟踪和监督、软件子合同管理、软件质量保证、软件配置管理）62 个关键实践，集中关注软件项目所关心的、与建立基本软件

项目管理和控制有关的事项. 但是考虑到我国软件企业情况，并不需要这么详细的关键过程域和过程实践，所以需要进行必要的合理简化和改进. 首先，就目前软件规模一般软件项目很少出现子合同的情况，绝大多数项目可以不考虑软件子合同管理关键过程域；其次，考虑到文档规范和管理对软件开发过程的重要性，将文档管理添加到改进框架. 软件项目开发过程中往往存在种种难以预见的不确定性因素，会给软件项目带来失败的风险，因此软件风险管理日益受到人们的重视，成为软件工程领域内保证软件质量必不可少的关键过程之一，所以风险管理在以项目过程为重点的 CMM 重复级中也应该是一个重要的过程域. 通过如上这些关键因素的改进，参照原有关键过程及实践的设置，依据过程和实践的重要性赋予权重，CMM 的重复级改进情况如表 2 所示.

表 2　CMM 重复级改进模型

Tab. 2　Improved model of the repeated grade of CMM

	过程域(权重)	过程实践(权重)	考查内容
关键部分	软件项目计划(0.14)	产品规模与资源估计(0.3)	产品规模情况和软硬件资源情况
		软件开发计划(0.4)	软件开发的产品、规模大小、更改等情况
		计划实施与评估(0.3)	计划实施与评估情况
	需求管理(0.20)	需求确认(0.4)	工作量和文档规模
		需求跟踪(0.3)	既定需求以及变更的跟踪情况
		需求变更控制(0.3)	需求变更次数和影响程度，工作量和文档规模
	配置管理(0.13)	设备配置(0.2)	各阶段和活动设备配置情况，运行情况
		人员配置(0.2)	各阶段和活动人员配置情况，变动情况
		资金配置(0.2)	各阶段和活动资金配置情况，到位情况
		基线设置(0.4)	是否为所有活动设置基线和目标
	项目监督(0.20)	成本监控(0.35)	比较计划成本和实际成本，计算成本偏差比例
		进度监控(0.35)	比较计划进度和实际进度，计算进度偏差比例
		产品规模(0.30)	产品规模或更改规模情况
	软件质量保证(0.13)	质量保证计划(0.4)	针对具体项目制定 SQA 计划，确保正确执行过程
		里程碑活动评估(0.3)	参照计划比较 SQA 活动里程碑的完成情况
		问题追踪(0.3)	对发现的问题，要求项目组改进，并跟进直到解决
	文档管理(0.20)	公共文档(0.3)	各种公共文档的使用情况
		过程文档(0.4)	开发过程的描述情况
		规程文档(0.3)	各种规程文档的情况
非关键部分	测量分析(0.4)	产品和服务质量(0.3)	产品和服务的质量情况
		生产率(0.3)	生产率情况
		资源与费用(0.4)	资源与费用的使用情况
	风险管理(0.6)	风险预测(0.2)	利用各种数据、资料确定各项风险的频度和强度
		风险识别(0.2)	确定可能影响本项目的风险事件及来源、特征等
		风险量化(0.2)	衡量风险概率和风险对项目目标影响程度
		风险应对计划(0.2)	为降低风险负面影响而制定策略的情况
		风险监控(0.2)	涉及整个项目管理过程中的风险监控应对

对过程能力的确定可以 CMM 提问单的做法，通过面谈、文档查阅、填写检查表等形式对组织当前软件过程实践进行评价，并组织管理人员和专业人员成立专家组确定重要的软件过程和无法具体量化的过程，并且将形成的意见作为这些问题的处理结果.

3.2　改造模型的应用实例

大连盛华软件公司是 1997 年成立的，有近百名软件开发人员，主要从事电子政务方面开发. 随着公司的成长壮大和工程项目逐渐复杂软件过程能力问题逐渐暴露，主要存在以下明显问题：

(1)版本难以控制. 图表、源代码、文档等，经过多人次修改后，实际有用的版本却已不知去向. 团队中并行开发引起的冲突，例如编程人员 A 和 B 共同修改同一个模块，两人经过几个昼夜的奋战之后，又都回存到服务器上，但到了程序试运行时，才发现有一个人的修改被冲掉了. 有的模块没有经过测试，就直接进入了产品之中. (2)项目开发中计划问题. 项目开始之后，每人每天都在编程序，但却不知道他们的进展如何；项目开发过程中，一部分人昼夜奋战，另一部分人则无事可干；整个项目缺少详细计划，开发可控性差，无法做到

阶段控制.(3)资源变化频繁.某些开发人员在软件项目开发过程中离职,他负责使用或维护的文档或者资源不完善,使得后续人员接手时困难重重,造成开发过程的停滞.(4)配置审核问题.对于客户所提出的变更要求,缺少必要的审查和确认程序;物理配置审核问题:比如发布出去的产品中,缺少文档,或者文档与应用不一致.

目前,公司这些问题已经严重影响了企业的市场竞争力,为了改变现状,公司决定实施软件过程能力改进.2007年3月,盛华公司与大连理工大学合作共同对该企业实施过程能力改进(作者全程参与该工作).

考虑到国内中小软件企业一般处在CMM2级到3级水平的现实,先从CMM2级做起,根据企业的实际情况和计划改进重点利用上文提出的CMM改进模型对CMM2级评估关键域与结构改进,如表2.组织有经验的专家进行评估,初次评估结果如表3.

表3 盛华软件公司过程改进前能力成熟度评估

Tab.3 The original evaluation of the capability maturity in Shenghua Software Company

	关键部分						非关键部分	
	软件项目计划	需求管理	配置管理	项目监督	软件质量保证	文档管理	测量分析	风险管理
过程域结果	62.5	81.8	51.7	40.6	64.4	46.3	51.6	65.0
成熟度结果	57.5						59.6	

从初次评审结果可以看出,除了需求管理以外,各项指标的分值都很不理想,总体结果关键部分57.5分和非关键部分59.6分都离CMM2级阀值80分差距较大(根据历史数据和隶属度函数方法推算,专家组认为80分的阀值针对盛华软件公司是较合理的).从这个评估结果可以分析出目前软件质量主要依靠软件开发人员自身素质、软件质量保证的自发性和个别优秀项目经理,软件质量的保证没有建立在软件过程能力上.这种软件质量随机性很大,而且也无法积累优秀的过程经验并逐步提高软件过程能力.

针对这样的评估结果,根据检查表项逐项实施改进,依次循环.经过4个半月的工作,最终评估结果如表4.

表4 盛华软件公司过程改进后能力成熟度评估

Tab.4 Evaluation of the capability maturity after process improvement in Shenghua Software Company

	关键部分						非关键部分	
	软件项目计划	需求管理	配置管理	项目监督	软件质量保证	文档管理	测量分析	风险管理
过程域结果	87.6	93.8	84.4	80.2	89.6	96.5	86.3	88.0
成熟度结果	87.9						87.3	

从表4的结果可以看出,通过实施过程改进,各项指标已经基本满足评估要求,有几项非常重要的指标已经达到了优秀.最初困扰企业发展的几个关键问题已经解决,文档的完整性和规范性有很大改善,过程优化改进保证了参与项目所有人员的一致性,包括需求理解、技术运用和规范等.根据后期跟踪统计,盛华软件过程改进上的平均投资回报率为1∶4.3,直接生产率提高了大约7倍,公司所开发的产品在成熟度提高前每千条指令出错率约为0.81条,改进后仅为0.13条,从结果来看已经很好地完成了过程改进的目标.

4 模型分析

本模型从合理性的关键域、灵活性的模型结构、客观的关键实践评定这几个方面对传统的CMM进行了改进.新模型较传统的CMM具有以下优点:

(1)合理而精简的关键过程域.通过简化原有的关键过程域,增加一些重点关注的关键过程,建立了一个简练而有侧重的关键过程域.

(2)采用半结构化模式,使模型具有更大的灵活性.通过非关键部分的设计,在关注关键过程的同时兼顾非关键部分,同时不会因为非关键部分的结果影响过程能力的结果,但是会在满意度上有所体现.

(3)引入权重和百分制的结果来考察实践对过程的影响,可以从符合程度、满意程度上来对结果界定,这样给出具体量度比单纯的通过不通过

更加科学，另外也可以通过具体数据让企业掌握自己软件过程的强项和弱项.

(4)在改进模型中通过引入一组专家对检查表项打分，可以更客观地抓住重点，减少评审的主观性，有利于评审结果的客观公正. 但专家的打分仍然不能完全摆脱对其经验和能力的依赖，只能是在一定程度上的改进，使其更趋于合理.

5　结　语

本文提出的模型不是对传统 CMM 的替代，而是对 CMM 的补充和改进. 主要在 CMM 理论和核心思想之上，对软件过程改进模型框架和评价方法作了一定的探索，并结合软件企业过程改进的具体项目进行了实践，对 CMM 在国内软件过程能力度量和改进的应用有一定的现实意义.

参考文献：

[1] 邢　蕙，胡克瑾. 软件能力成熟度模型及其解决方案[J]. 电脑与信息技术，2001，**9**(4)：16-20

[2] 乔钢柱，郭银章，曾建潮. 基于CMM软件过程改进的简化框架和进度规划模型研究[J]. 电脑知识与技术，2006(4)：156-157

[3] 王佐成，薛丽霞. CMM 在我国中小软件企业中的应用研究[J]. 重庆邮电学院学报(社会科学版)，2006，**18**(3)：325-327

[4] 徐彬健. 软件能力成熟度(CMM) 的过程改进研究[J]. 软件导刊，2007(3)：37-39

[5] 吴洪丽. 支持软件过程改进的软件过程度量研究[D]. 重庆：重庆大学，2004

[6] 刘鹏辉. 软件能力成熟度模型 CMM 应用研究[J]. 昌吉学院学报，2003(1)：93-96

[7] Software Engineering Institute，Carnegie Mellon University. **The Capability Maturity Model：Guidelines for Improving the Software Process** [M]. MA：Addison-Wesley，1995

[8] 杨向广，周永丰，吴汉宝. 基于CMM对瀑布模型的改进和扩充[J]. 舰船电子工程，2006，**26**(2)：10-15

[9] CHEN Jian-xing，MA Yu-tao. Study on modeling software process [J]. **Computer Engineering and Design**，2004，**25**(1)：33-35

[10] 王乐鹏，施泉生. CMM 中 SQA 评审的改进模型研究[J]. 青岛大学学报(工程技术版)，2006，**21**(4)：70-82

[11] 赵晓静，刘　奎. 软件能力成熟度模型的结构及其应用[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版)，2004，**10**(1)：101-105

[12] 齐　智. 过程剪裁在软件过程连续改进中的应用[J]. 四川师范大学学报(自然科学版)，2004，**27**(1)：107-110

[13] 贲可荣，俞立军. 能力成熟度模型及其评估算法[J]. 舰船电子工程，2001(5)：56-61

[14] 卡耐基梅隆大学软件工程研究所. 能力成熟度模型(CMM)：软件过程改进指南[M]. 刘孟仁，等译. 北京：电子工业出版社，2002

Research on software process improvement model of CMM based on key factor division

WANG　Ning*，　QIU　Xu-dong

(School of Management，Dalian University of Technology，Dalian 116024，China)

Abstract：According to practical problems encountered in the application of software improvement with capability maturity model (CMM)，combined with actual situations in China software industry，CMM is reasonably simplified and improved from the aspects of key factors，model structure and evaluation method. Then，CMM based on factor division is proposed for the improvement of software process. The model divides the key process area of CMM into key part and non-key part. Key part inherits original key process area while non-key part introduces expert evaluation mechanism which assists key part，then a semi-structured evaluation method of software process capability is constructed to adapt to specific situations of process capability improvement of software enterprises in China.

Key words：capability maturity model (CMM)；software process；software process improvement；key process area；software capability evaluation