

CMMI 的软件测量^{*})

侯 红 郝克刚

(西北大学软件工程研究所 西安 710069)

摘 要 本文从 CMMI 的体系结构出发,对 CMMI 中的软件测量进行了研究,分析了其测量的演进过程,总结分析了目前组织在实施 CMMI 时对测量的误解和存在的问题,最后,为帮助实施 CMMI,给出了对实施效果进行评估的评价标准。

关键词 软件测量, CMMI, 软件过程改进

Software Measurement within the CMMI

HOU Hong HAO Ke-Gang

(Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract From the architecture of Capability Maturity Model Integration (CMMI), software measurement within the CMMI is researched in this paper. Then the evolution of measurement of CMMI is specified, the misunderstanding and problems of deployment CMMI are analyzed. Moreover in order to implement CMMI, the evaluation criteria are proposed.

Keywords Software measurement, Capability maturity model integration (CMMI), Software process improvement

截止 2005 年 12 月底,SEI 不再接受 CMM 的评估报告,取而代之的是 CMMI。2000 年 12 月, CMMI 项目组发布了集成能力成熟度模型 CMMI SE/SW。CMMI 与以往的模型相比,提高了对测量的关注。包括独立的测量和分析过程域以及工程过程域中的测量。目前,实施 CMM/CMMI 的组织存在对测量认识不足的问题^[1,2]。测量是软件过程改进的关键和核心问题之一,必须用系统的一致观点看待测量,为测量活动进行投资,一旦进行测量,必须保证测量的结果被使用,并且是有用的。

1 CMMI 的体系结构及工作改进过程

CMM 模型有 CMMI-SW、CMMI- SE/SW、CMMI -IP-

PD、CMMI- SE/SW/IPPD,每一种模型又分为阶段式表示和连续式表示两种类型,阶段式表示关注组织成熟度,连续式表示关注过程能力。SEI 建议在大多数情况下采用 CMMI-SE/SW 作为组织过程改进的模型^[3]。本文以 CMMI-SE/SW 模型的阶段式表示为基础对 CMMI 的软件测量进行研究。

1.1 CMMI 的体系结构

CMMI 模型阶段式表示法的体系结构如图 1 所示^[3,4]。

优化过程根据组织的商业价值和目标进行调整和变革。通过找到方法加快和共享学习使组织对变革和机会的快速反应能力得到提高。过程的改进成为每个角色一部分内在工作,并且成为持续的过程改进循环的一部分。

4 级和 5 级的重要区别是所识别的过程偏差的类型。在

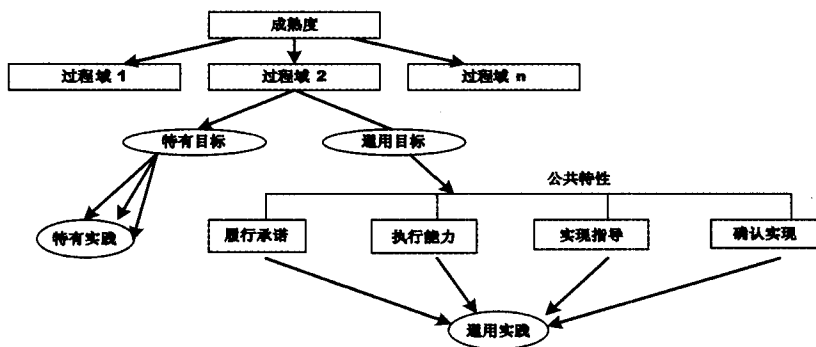


图 1 CMMI 阶段式表示法的体系结构

4 级中,关注的是造成过程偏差的特殊原因,并为其结果提供统计预测。尽管过程可提供预测结果,但结果不足以达到建立的目标。在成熟度 5 级中,过程关注造成过程偏差的共同

原因的以改进过程性能,最终达到建立的过程改进目标。

1.2 CMMI 的过程域

CMMI 的过程域分为四类:项目管理、过程管理、工程及

^{*}) 本文受国家 863 计划(编号:2004AA115090)资助。侯 红 博士,主要研究方向为软件过程工程、软件度量;郝克刚 教授,博士生导师,主要研究方向为软件工程与理论。

支持。过程域的分类如表 1 所示。

表 1 CMMI 的过程域

过程域分类	过程域
过程管理	组织过程焦点(OPF) ³
	组织过程定义(OPD) ³
	组织培训(OT) ³
	组织过程性能(OPP) ⁴
	组织革新和实施(OID) ⁵
项目管理	项目计划(PP) ²
	项目监视和控制(PMC) ²
	供方协议管理(SAM) ²
	集成项目管理(IPP) ³
	风险管理(RM) ³
	集成团队(IT) ³
	集成供方管理(ISM) ³
	量化项目管理(QPM) ⁴
工程	需求管理(ReqM) ²
	需求开发(RD) ³
	技术解决方案(TS) ³
	产品集成(PI) ³
	验证(VER) ³
	确认(VAL) ³
支持	配置管理(CM) ²
	过程和产品质量保证(PPQA) ²
	测量和分析(M&A) ²
	决策分析与决定(DAR) ³
	组织集成环境(OEI) ³
	原因分析与决定(CAR) ⁵

注:表中的上标为所属的成熟度级别。

2 CMMI 的软件测量

CMMI 与以往的模型相比,提高了对测量的关注。测量的概念在 CMMI 中是一致的。在 CMMI 中涉及到测量的概念有:测量和分析过程域(M&A)和工程过程域中的测量两部分^[1,5]。

2.1 测量和分析过程域(M&A)

在 CMMI 中增加了一个新的过程域——测量和分析过程域(M&A)。新的过程域关注的是“用来支持管理信息需要的测量能力。”其特有目标为:测量目标和活动与已识别的信息需求和目标一致;提供阐明信息需求和目标的测量结果。

在 CMMI 中,假定信息需求已被识别出来^[6]。信息需求包括的内容有:计划——项目计划、战略计划、商业计划和过程改进计划;项目性能的监控;管理目标;规范的需求和合同协议;管理难题或其他技术问题。

在阶段式表示中,CMMI 模型为过程改进提供了建议的顺序。如图 1 所示,成熟度级别由过程域组成,过程域有特有目标、通用目标以及特有实践和通用实践。公共特性构成通用实践。

这种表示法关注组织的所选择要到达的成熟度级别过程域的过程改进的最佳实践。在使用 CMMI 模型进行过程改进之前,必须将组织的过程与 CMMI 的过程域做对照,不能期望组织的过程与 CMMI 的过程域一一对应。

在 CMMI-SE/SW 的阶段式表示方法中,有五个成熟度级别,每一级都为下一级提供过程改进的基础,五个级别被标注为 1 到 5,它们分别为:1 初始级、2 可管理级、3 已定义级、4 量化管理级、5 优化级。每一级由预先定义好的过程域集合构成。成熟度级别通过对预先定义的过程域的特有目标和通

用目标是否达到的测量来确定。

成熟度 1 级:初始级

在 1 级,过程通常可以随心所欲而且是杂乱无章的。组织不能提供一个稳定的环境,在这类组织中项目的成功取决于某些英雄和优秀的人,而不是靠使用已被证实的过程。尽管过程是随心所欲而且是杂乱无章的,但这类组织经常生产软件产品和服务,然而经常超过项目的预算和进度。

1 级的组织有过渡承诺的倾向,在关键的时候放弃过程,不能够重复过去的成功实践。

成熟度 2 级:可管理级

成熟度 2 级,组织达到了成熟度 2 级过程域的所有特有目标和通用目标。换言之,能够保证组织的项目其需求被管理,过程被计划,执行,测量和控制之中。2 级反映出在时间的压力下,组织现有的实践被保留。当这些实践在其应有的就位时,项目按其计划的文档来执行和管理。

在成熟度 2 级中,需求、过程、工作产品和服务都被管理起来,在某一给定的点,工作产品和交付的服务对管理而言是可视的。在相关的利益相关者之间建立了承诺且根据需要对这些承诺进行更新。工作产品由利益相关者进行了评审且处于受控之中。工作产品和服务满足指定的需求,标准和目标。

成熟度 3 级:已定义级

成熟度 3 级,组织达到了成熟度 2 级和 3 级过程域的所有特有目标和通用目标。过程被很好地特征化和理解,而且按照标准,流程,工具和方法进行了描述。

作为成熟度 3 级的基础,建立了组织标准过程集而且随着时间的进展进行了改进。这些标准过程用来建立组织级的一致过程基础。依据裁减指南对组织标准过程集进行裁减以建立项目定义的过程。

2 级和 3 级的重要区别在于标准、过程描述和流程的范围不同。在成熟度 2 级中,过程的某一实例(例如某一特定项目)的标准、过程描述和流程可能完全不同。在成熟度 3 级中,项目的标准、过程描述和流程是依据组织标准的过程集(OSSP)根据特定的项目和组织单元的需要裁减而来的,因此在成熟度 3 级中,除裁减指南所允许的不同外,在组织中所执行的过程是一致的。

另外一个关键的区别是 3 级与 2 级相比,过程描绘得更详细和严格。在 3 级中,通过理解过程活动、详细的过程测量元、工作产品和服务之间的关系,过程被更为主动地进行了管理。

成熟度 4 级:量化管理级

成熟度 4 级,组织达到了成熟度 2 级、3 级和 4 级过程域的所有特有目标以及成熟度 2 级、3 级的通用目标。选择子过程时更为关注其对过程性能的影响,所有被选的子过程均采用统计和其他量化技术进行了控制。建立了质量和过程性能的量化目标并将其作为过程管理的基准。量化目标是基于客户、最终用户、组织和过程实现者的需求建立的。质量和过程性能基于统计的术语理解并在整个过程的生命周期中进行管理。

对于这些过程,过程性能的详细度量元的数据被收集并进行统计分析。造成过程偏差的特殊原因被识别出来,并且在适当的时候,这些特殊原因的根源被纠正以避免将来再次出现。质量和过程性能测量元被纳入组织测量库中以支持将来基于事实的决策。

成熟度 3 级和成熟度 4 级的关键区别在于对过程性能的

可预测性。在成熟度 4 级中,使用统计和其他量化技术对过程性能进行了控制和量化预测,而成熟度 3 级中,过程仅仅被量化预测。

成熟度 5 级:优化级

成熟度 5 级,组织达到了成熟度 2 级、3 级、4 级和 5 级过程域的所有特有目标以及成熟度 2 级、3 级的通用目标。在对造成过程偏差的共同原因的量化的理解的基础上进行过程的持续改进。

成熟度 5 级关注通过采用渐进的和革新的技术持续的改进过程性能。建立了组织过程改进的量化目标,根据业务目标的变化进行调整,并将其作为过程管理的基准。对所实施的过程改进的作用进行测量并依据量化的过程改进目标进行评估。所定义的过程和组织的标准过程集均被列为可度量的改进活动的目标。

2.2 工程过程域中的软件测量

由于客户关注的是在更短的时间内提交更好更高质量的软件产品,对开发过程的测量可带来更好的软件产品。在 CMMI 的工程过程域中亦进行了测量。CMMI 与 CMM 相比,在工程级提高了测量的粒度。首先增加了建议的测量元的数量,同时对大多数人而言,这些测量是必做不可的。涉及的工程域包括:需求管理(ReqM)、需求开发(RD)、技术解决(TS)、产品集成(PI)、验证(VER)、确认(VAL)。在 CMMI 中有多种方式阐明或暗示了对以上所有工程过程域进行测量的需要。包括四个方面:GP2.8 监视和控制过程;GP2.10 进行更高级别的状态评审;GP3.2 收集改进信息;项目计划(PP)和项目监控(PMC)的计划参数。表 2 以 GP2.8 为例加以说明。

表 2 由 GP2.8 得到的测量元示例

过程域(PAs)	由 GP2.8 得到的测量元示例
REQM	需求挥发性(需求变更的百分比)
RD	返工的成本、进度和工作量 需求规格书的缺陷密度
TS	返工的成本、进度和工作量 在设计中所阐明的需求百分比 产品、产品构件、接口、文档的大小和复杂度 技术解决方案工作产品的缺陷密度
PI	产品构件集成数(如:计划组装数与实际组装数,发现的问题数等) 集成评价问题报告趋势(例如发现问题数和关闭问题数) 集成评价报告历时(也就是说每一个问题保持的时间)
VAL	计划的活动数与实际的活动数 确认问题报告趋势 确认问题报告历时
VER	验证状况(如:计划活动数与实际活动数及发现的缺陷数) 检测到的缺陷数 验证问题报告趋势 验证问题报告历时

3 CMMI 中的测量演进

在 CMMI 中,组织成熟度的级别愈高,其测量就愈丰富。换句话说,组织的过程愈成熟,组织过程的测量就愈成熟^[7,8]。CMMI 中各级别的测量演进如图 2 所示^[2]。

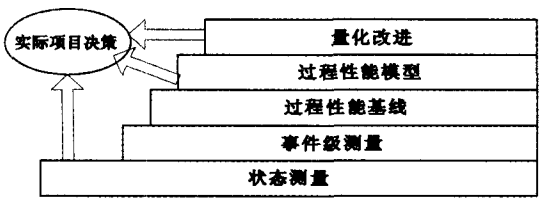


图 2 CMMI 的测量演进

2 级关注状态测量,在此级别中的测量元主要是用来管理项目的性能和过程域的性能。通用的测量元包括:与项目管理相关的规模、工作量、成本、进度的计划值和实际值;产品开发中,需求变更的数量;与配置管理相关的工作产品变更的数量;质量保证中的不符合项的数量及不一致成本。

3 级在 2 级的基础上关注过程改进和产品开发。通用的测量元有:产品开发中的缺陷数、返工量、问题报告数及缺陷密度;提交的过程改进建议、接受的过程改进建议、实施的过程改进建议的数量;针对过程改进构建和使用新的过程资产库的投资回报率。

4 级关注在以往历史和项目数据以及管理记录信息的基础上预测过程的性能。4 级有了事件级测量并且创建和使用过程性能基线(PPB)和过程性能模型(PPM),如图 3 所示。

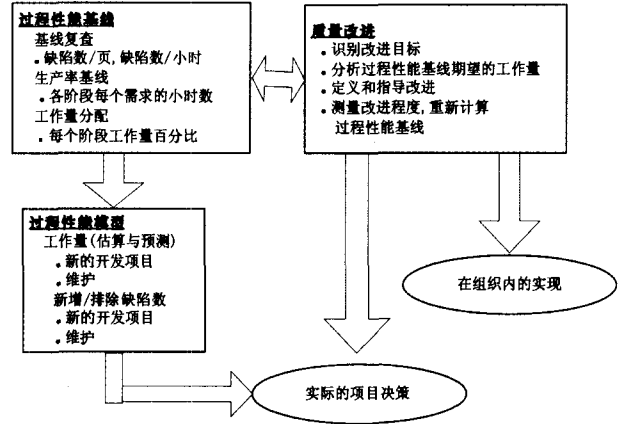


图 3 成熟度 4 级的测量

5 级关注在对造成过程偏差的共同原因的量化的理解的基础上进行持续的改进。在基于基线的基础上量化改进——使用过程性能模型来计划和证明改进,如图 4 所示。

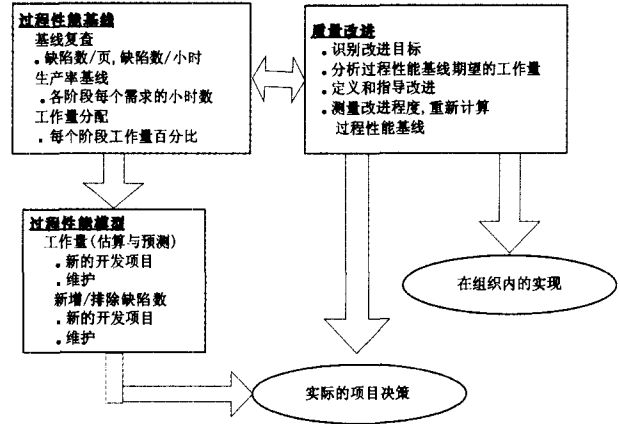


图 4 成熟度 5 级的测量

4 组织实施 CMMI 有关测量方面的问题

大多数组织仅仅知道为什么进行这些测量,不知道他们真正需要的是什么?仅有极少数组织真正分析了其测量的流程是如何支持其业务目标和信息需求的。绝大多数组织没有严肃的投入时间和精力去开发有意义的测量规格说明书,因而其结果是令人失望的。

大多数组织采用与过程域相关的工作量测量经证明其作用甚微,而不是需求的挥发性来满足监视和控制需求的需要。一些组织采用产品质量和返工量的减少作为测量元,经证实有明显的改进。大多数组织开发了测量工具作为工作执行时的副产品来提供测量数据^[9]。

5 CMMI 实施的评价标准

对于基于 CMMI 的过程改进可选择性能数据来证明其作用。如 CMMI5 级所要求的对“所实施的过程改进的作用进行测量”。组织可选择有明确显示业务目标的测量来验证。不同的组织可以选择不同的方式。图 5 是对基于 CMMI 过程改进的作用的描述^[9]。

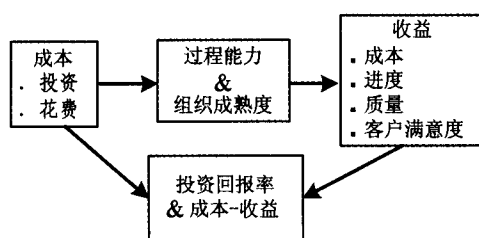


图 5 CMMI 的作用

过程改进的成本如左上角所示。过程能力和组织的成熟度在中心的方框描述,方框的右边展示了过程改进的益处。成本和收益结合在一起来计算投资回报率(ROI),在图的底部描述。

可通过对以下五种类型的测量对基于 CMMI 的过程改进进行评价。

- 1) 成本:发现以及修正缺陷成本的降低,总体成本的节省。
- 2) 进度:完成任务所需时间的减少以及满足进度的预测能力的提高。
- 3) 质量:某一阶段或整个生命周期产品总缺陷数的降低。
- 4) 客户满意度:客户满意度的提高可通过客户支付的奖

励来证明。

5) 投资回报率:基于 CMMI 过程改进的投资回报率。

组织可以优化前四类的测量,每一类的测量可以包括一组测量进行细化。如某一组织关注其产品和服务成本的降低,而其他的组织关注提高项目成本和进度的可预测性。以上四类的细化包括交付周期的缩短、缺陷数的减少、生产率的提高、返工量的减少、功能和可维护性的增强等。图 5 所示的成本,有许多方式可验证。当有关成本的数据明显少于收益的数据时,组织通常关心投资回报率(ROI)和成本-收益;因此,建议采用以上五类测量元。

小结 成功地实施基于 CMMI 进行软件过程改进的组织对测量进行了较多的关注。这些成功的组织做到了下面几个方面:在分析业务目标和信息需求的基础上选择测量元,分析测量流程;投入足够的时间和精力开发有意义跨越成熟度级别的测量规格说明书;随着工作的进展,数据作为其副产品被“无痛”地收集;在较低级的测量开始证明其价值后,调整到更为成熟的测量;早期的时候使用用于实际决策需要的简单的过程性能基线(PPB)和过程性能模型(PPM);坚持持续的量化过程改进。

不成功的组织采用简单的方式进行测量,不为下一步做准备,因此其测量活动没有或仅有较少的收益。

参考文献

- 1 龚波,于自跃,何新贵. 小型软件企业实施 CMMI 过程改进研究和分析. 计算机应用研究,2004(8)
- 2 Johnson K, Kulpa M. Measurement within the CMMI. www.teraquest.com,2004
- 3 Schneider H. Overview of CMMI, www.teraquest.com,2004
- 4 CMMI Product Development Team. CMMISM for System Engineering/Software Engineering. Version 1.1(CMMI-SE/SW, V1.02)Staged Representation, www.sei.cmu.edu, Dec. 2001
- 5 Zubrow D. The Measurement and Analysis Process Area in CMMI. www.teraquest.com,2004
- 6 ISO/IEC15939. Software Engineering - Software Measurement Process. First Edition, July 2002
- 7 Fenton N E. Software Metrics: A Rigorous & Practical Approach. 见:清华大学出版社,2003,8:97~98
- 8 侯红,郝克刚. PSP 的软件测量研究. 计算机科学,2005,32(10)
- 9 Goldenson DR, Gibson DL. Demonstrating the Impact and Benefits of CMMI(r), An Update and Preliminary results. CMU/SEI-2003-SR-009

(上接第 288 页)

的问题。今后工作的重点在进一步完善基于层次消息模型的理论 and 实现细节的前提下,作者将就如何提高此类应用系统的稳定性和效率做深入的研究。

参考文献

- 1 任明伦,等. 基于构件的信息系统体系结构模型[J]. 小型微型计算机系统,2004,25(7):1159~1163
- 2 Shaw M, Garlan D. Software Architecture: Perspectives on an Emerging Discipline [M]. Prentice Hall,1996

- 3 Szyperiski C. Component Software: Beyond Object-Oriented Programming. 2nd Edition [M]. 电子工业出版社,2004
- 4 余雪丽主编. 软件体系结构及实例分析[M]. 科学出版社,2004
- 5 张世琨,王立富,杨美清. 基于层次消息总线的软件体系结构风格[J]. 中国科学(E),2002,32(3):393~400
- 6 万麟瑞,等. 面向构件的软件开发方法学的研究[J]. 小型微型计算机系统,2003,24(3):365~370
- 7 李绪蓉,徐焕良. 面向业务构件的黑白盒混合的领域框架的设计与实现[J]. 小型微型计算机系统,2005,26(1):64~68