



软件工程

第3讲 软件过程



中國人民大學
RENMIN UNIVERSITY OF CHINA

软件工程

第3讲 软件过程

主要内容

- ❑ 过程概念
- ❑ 软件生存期过程
- ❑ 软件过程改进
- ❑ 软件过程模型
- ❑ 过程评估
- ❑ CMMI等模型



软件过程

1 过程是什么

过程是什么？

过程是做事的流程，是规章制度。

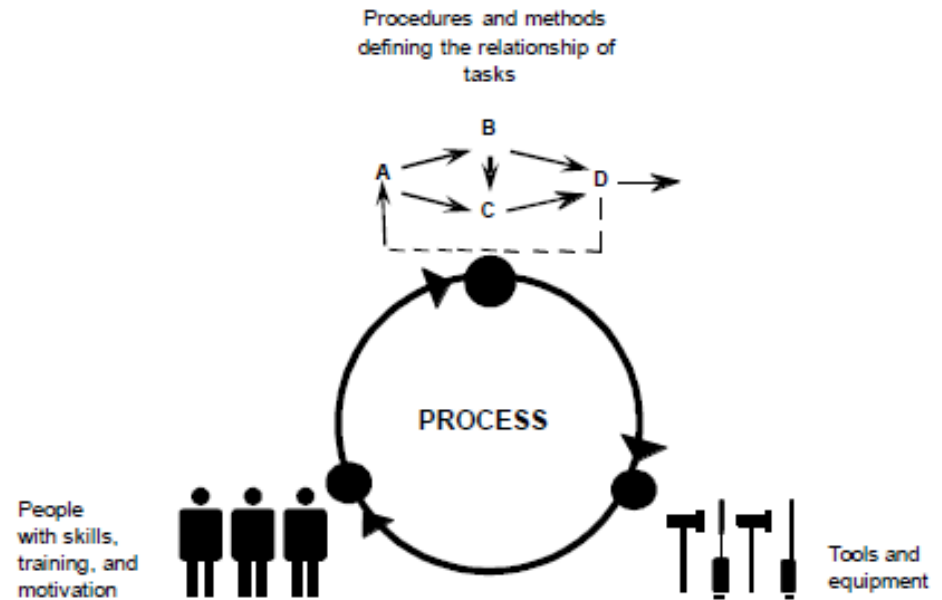
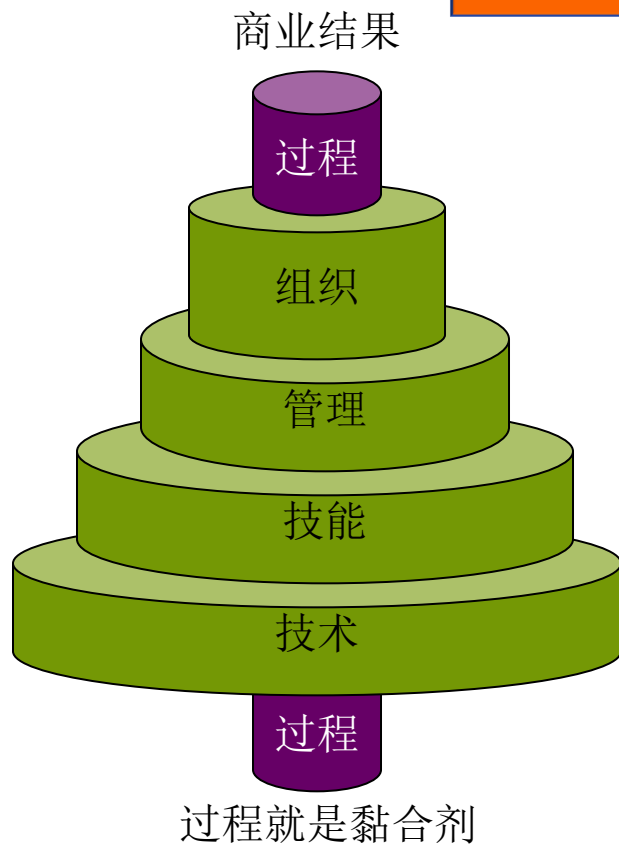


Figure 1.1: The Three Critical Dimensions

质量运行中过程成熟的起源



Walter Shewhart
(1930)

发展统计学质量控制原理

Edwards Deming (1956)
Joseph Juran (1956)

进一步发展并成功证明Shewhart的原则

Phil Crosby (1956)

发展质量成熟度的量化

Watts Humphrey (1956)

软件过程中采用Crosby的成熟度量化的概念，加入成熟度等级的概念

SEI (1987-2000)

发展成熟度的框架，成熟度问卷，SPA、SCE、CMM、CMMI

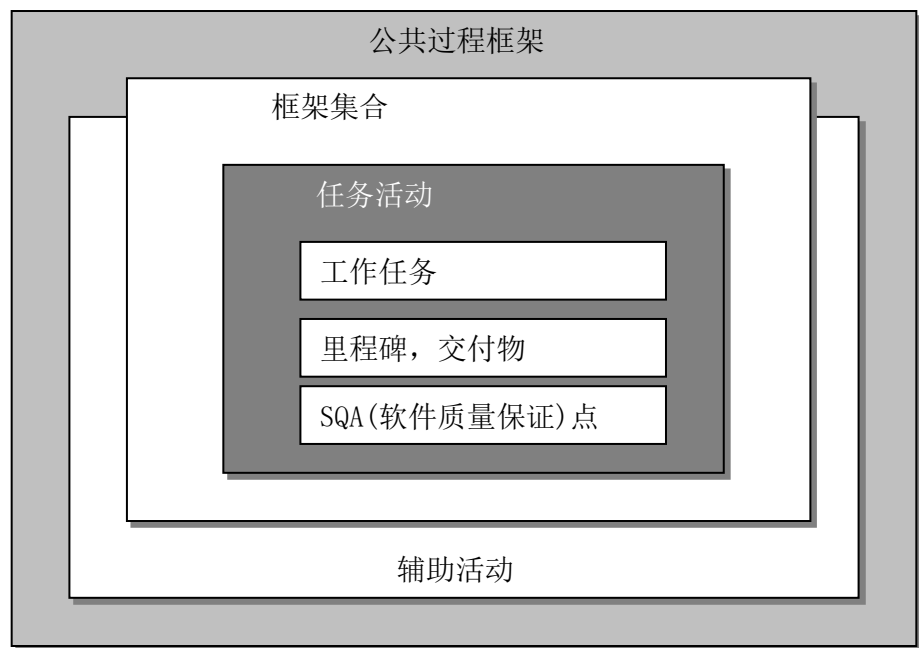
关于“过程”（process）一词的不同定义

来源	过程的定义
《牛津简明词典》	活动与操作的集合，例如一系列的生产阶段或操作。
《韦氏大词典》	用于产生某结果的一整套操作、一系列的活动、变化以及作为最终结果的功能。
ISO 8402	将输入转化为输出的一组彼此相关的资源和活动（资源：人员、资金、设施、设备、技术和方法等）。
《IEEE-STD-610》	对于一个特定的目标所完成的一系列的操作步骤，例如软件开发过程。
Hammer and Champy	通过一种或多种输入产生对用户有价值的输出的一系列活动集合。
Olson等	一系列的活动、任务以及程序，通过对它们的执行可以实现特定的目标。更明确地说，软件过程就是软件开发过程。
SEI CMM（Humphrey, 1989; Paulk等人, 1993）	用于生产以及软件进化的一系列的活动、方法及实践。

软件过程定义

软件过程（**process**）是在软件生存周期中所实施的一系列活动（**activity**）的集合，且每个活动可由一些任务（**task**）组成。

注：在1984年10月召开的第一届国际软件过程讨论会上正式提出的“软件过程”的定义。



■ 过程具有的特征

- 1) 任何过程都有**输入和输出**，输入是实施过程的基础和依据，输出是完成过程的结果，即过程会得到有形的或无形的产品。
- 2) 完成过程必须**投入适当的资源**和**开发相应的活动**。例如：需要投入人力、设备、资金等，还要开发诸如计划、设计、检验等活动。
- 3) 过程本身具有**增值**的效果，是一种有效益的经济行为。
- 4) 为确保过程的**质量**，我们应对输入过程的信息、要求和输出的产品在适当的阶段进行必要的检查、评审和验证。

观点



Watts S. Humphrey
Software Engineering Institute Fellow

The quality of a software system is governed by the quality of the process used to develop and evolve it.

--Watts Humphrey

- 解决软件问题的重要一步是把整个软件工作当作一个过程来对待，使其能够控制、度量和改进。

——Watts Humphrey. *Managing the Software Process*,
1989

- 要学会用过程来思考事务

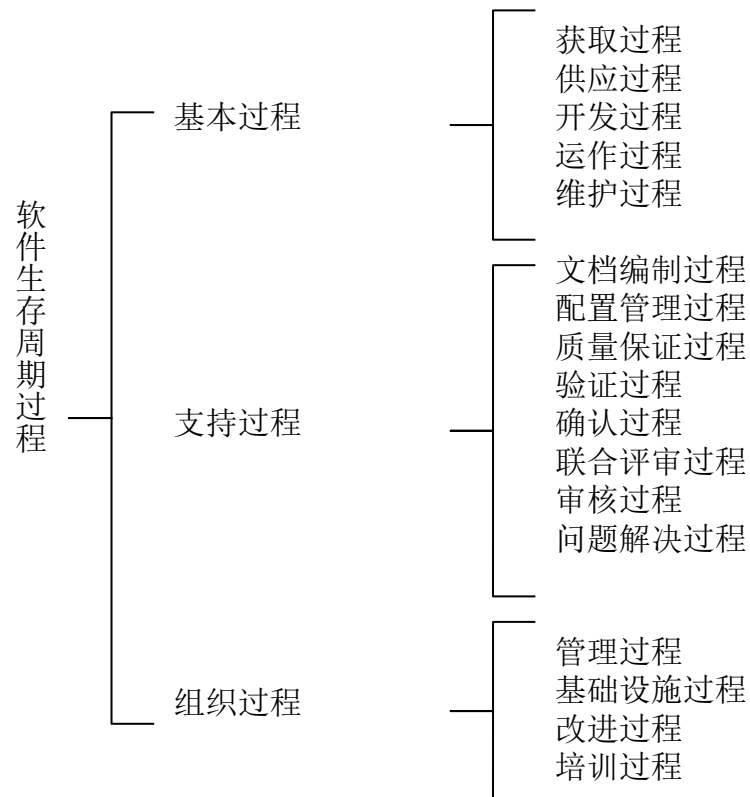
——James Harrinton. *Business Process Improvement*, 1991

软件过程

2 软件生存期过程

ISO/IEC 12207 软件生存周期过程

- **ISO/IEC 12207:1995** 《信息技术-软件生存周期过程》把软件生存周期的各个过程分成三类：
 - 基本生存周期
 - 支持生存周期
 - 组织的生存周期



术语

- 三个基本术语：

- 过程

- 过程是软件生存周期中活动的一个集合

- 活动

- 活动是任务的一个集合

- 任务

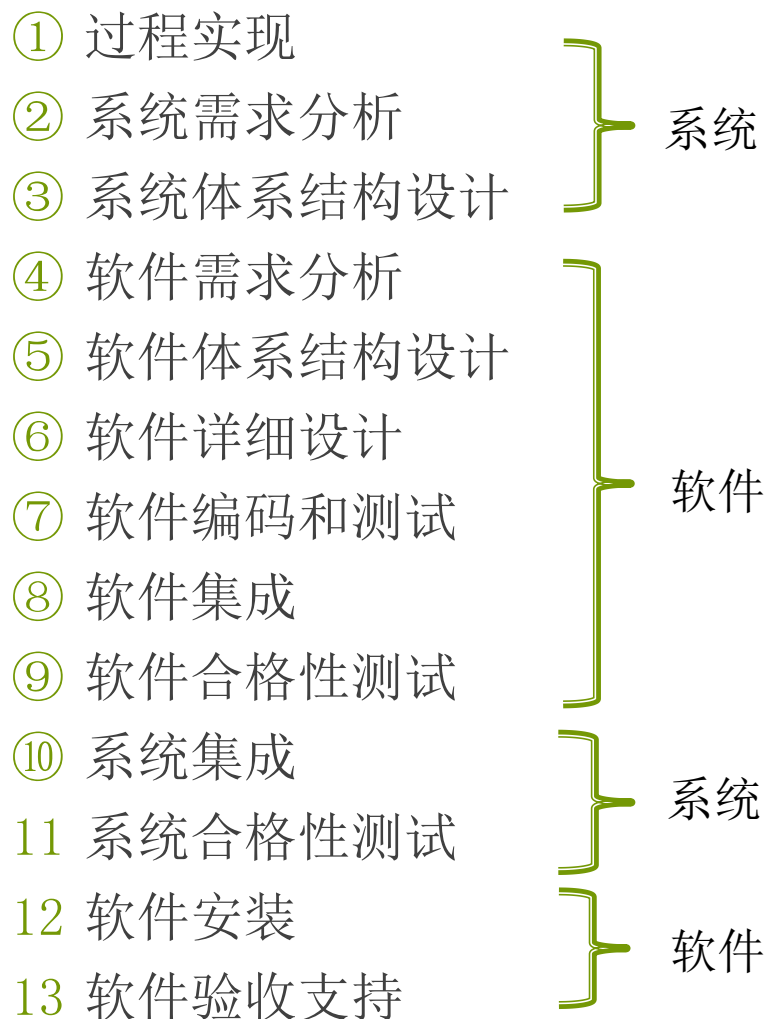
- 任务是将输入变换为输出的操作

基本过程

基本过程是指那些与软件生产直接相关的活动集合。

- ① 获取过程 获取者活动，关于：分包、采购
- ② 供应过程 供应帮活动，关于：承包
- ③ 开发过程 开发者活动，关于：将需求转换为软件
 - ◆ 此过程可以较详细了解软件开发中的主要活动。
 - ◆ 该过程包括：需求分析、设计、编码、集成、测试和与软件产品有关的安装和验收等活动。
- ④ 运行过程 操作者活动，关于：运行支持
- ⑤ 维护过程 维护者活动，关于：软件交付后的支持

开发过程的主要活动



区分
“体系结构设计”
与
“详细设计”
的差别！

支持过程

支持过程是以**提高系统或软件产品质量**为目标的活动集合。

- ① 文档过程 开发者活动，关于：开发和维护过程记录信息
- ② 配置管理过程 开发者活动，关于：保证产品的完整性
- ③ 质量保证过程 QA者活动，关于：产品和过程质量保证
 - ◆ QA不能是产品开发人员
 - ◆ QA在组织上赋予独立权限
- ④ 验证过程 开发者或第三方活动，关于：验证产品符合需求
- ⑤ 确认过程 开发者或第三方活动，关于：确认需求被满足

组织过程

基本过程是指那些与软件生产组织有关的活动集合。

- ① 管理过程 管理者活动，关于：产品、项目和过程管理
- ② 基础设施过程 涉及多个角色，关于：支持其它过程
 - ◆ 基础设施包括开发、运行和维护中所使用的硬件、软件、工具、技术、标准设施。
- ③ 改进过程 管理者活动，关于：过程改进
 - ◆ 此过程的目的是：建立、评价、测量、控制和改进过程。
 - ◆ 为组织开发过程资产
- ④ 培训过程 管理者和开发者活动，关于：提供合格的人力资源。

软件过程

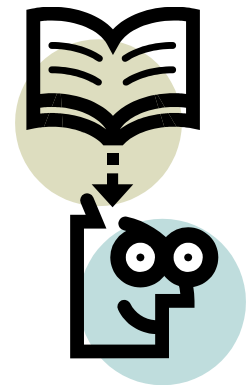
3 过程改进

过程改进的必要性

凡是活动，都存在过程；
凡是过程，都存在改进；
凡是改进，都没有终点。

摘自：北京SPIN编著，《软件过程改进实践》电子工业出版社，北京，2000

- 经过一段时间后，过程的性能趋于降低
- 客户有越来越高的需求
- 组织的过程是逐步成熟的
- 组织的目标可能是变化的
- 组织的环境是不断变化的
- 你的竞争对手在改进



有效的软件过程

■ 明确过程的所有者

- SEPG (Software Engineering Process Group) 主持运行，负责维护与改进。

■ 过程培训

- 培训对象包括：主管人员、SEPG、项目管理者、项目组成员、支持人员、质量保证人员等。

■ 过程实施情况的度量和反馈

- 过程的有效性、效率、适用性

■ 过程使用者的反馈

- 员工主动反映意见和建议，突出者应予奖励

■ 吸收来自外部的反映

- 外部环境可能有：法律、法规和标准的变更；技术、方法的进步；政策调整；目标客户的特征、需求的变更

■ 检验与强制机制

- 内部审计，认证审核，依从性审核或评审

成熟过程的发展过程

- SPIN (Software Process Improvement Network) 专家认为, SPI的第一步应是SPC (软件过程创建), 其中, C是Creative。
- 此时应该降低过度灵活性, 即僵化。在这个阶段障碍并未彻底消除
- 过程的创建只有借助行政的力量推进才能得以完成
- 而固化阶段解决的正是消除障碍的问题, 对应于障碍消除ABO阶梯的B阶段。
- 固化基础上, 改进才真正开始, 也就是优化开始。

软件过程成熟度

- 软件过程成熟度是指一个特定的软件过程**被显式定义**、管理、度量、控制和执行的程度。
- 成熟度可以用于指示组织加强其软件过程**能力的潜力**。
- 当一个组织达到了一定的软件过程成熟级别后，软件过程**被制度化**，进一步成为组织的文化。

不成熟组织的标志

- 缺乏确定的软件过程和相应的管理和控制；
- 即使定义了软件过程，也不能严格的遵循和强制执行；
- 管理完全是被动的，管理策略是救火式的。
- 由于缺乏有依据的估算，制订软件预算和生产计划时往往跟着感觉走，实际生产时则常常超标；
- 如果强制在预定期限内完成，那么软件的功能和质量肯定是得不到保证；
- 缺乏评价软件产品质量和解决产品缺陷和过程问题的客观基础。

成熟组织的标志

- 具有在组织范围内，管理软件开发和维护过程的能力；
- 现有人员和新进人员均了解所遵循的软件过程，且工作活动均按照事先的计划完成；
- 在定义好的软件过程中，所有项目和机构中的角色和责任分明。

SPI存在两个层面

- 技术层面

- SPI所依据的模型，如ISO15504、CMMI

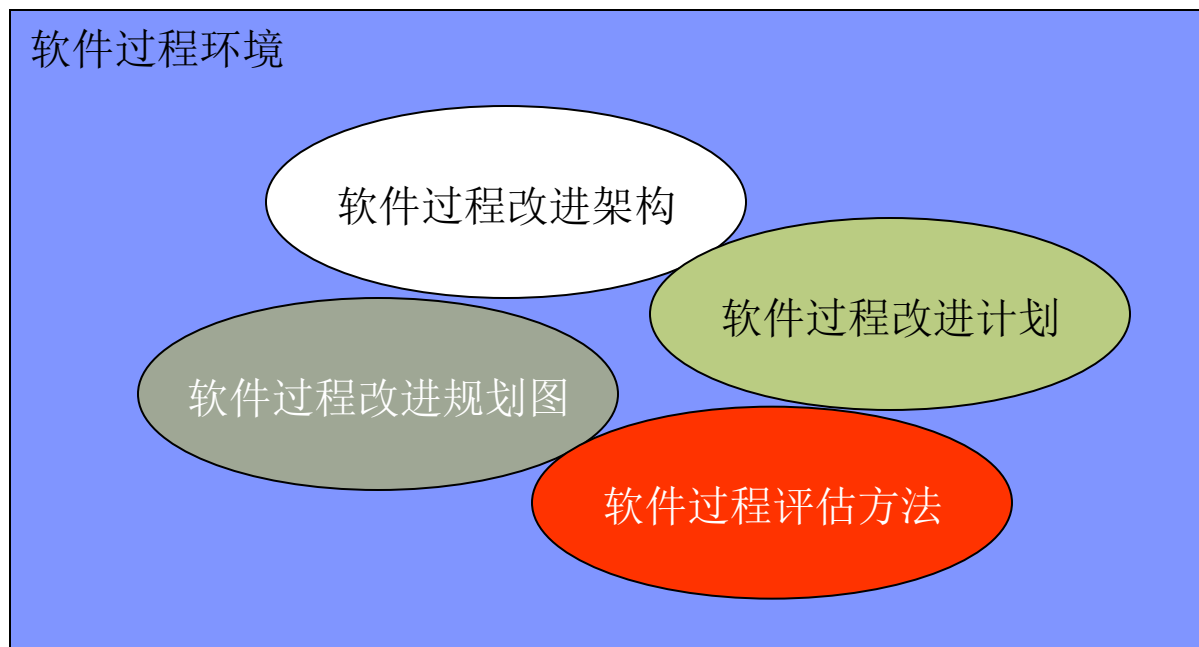
- 人文层面

- 从管理系统的角度进行审视，为什么发生变化，变化有何障碍，变化如何推动？

假如人没有改变，一切都不会改变

软件过程改进框架

软件过程改进框架中4个部分之间的关系：



软件过程架构

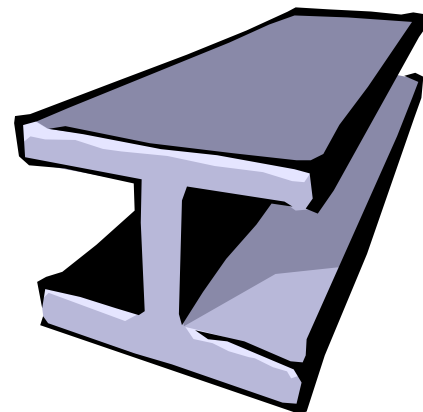
为了支持持续的过程改进活动，必须保证2种类型的架构：

- 组织及管理方面：

- 角色
- 职责

- 技术方面：

- 技术工具
- 设备



软件过程改进规划图

- 改进规划图指明了实现软件过程改进所要经历的阶段及层次以及为实现这些目标所必经的关键点。
- 指定一个所采用的软件过程模型，并且规划实现高效软件过程的行动步骤。
- 可以是公开发表的过程标准，也可以组织自定的版本。



软件过程评估方法

- 评估方法是指组织对当前软件过程、活动以及架构进行评估所采用的方法和技术。
- 过程评估可以是正式发表的标准方法，例：SEI的SCAMPI、BOOTSTRAP、ISO/IEC 15504。
- 软件过程评估的作用
 - ◆ 通过评估可以帮助组织对当前的软件过程环境与基础有一个正确的认识。
 - ◆ 实际上，评估通常扮演了一个改进活动计划的催化剂的角色。
 - ◆ 正式的评估可以为组织赢得声誉。。



软件过程改进计划

- 为了进行软件过程改进，根据评估所发现的问题，有针对性地制定过程改进方案。

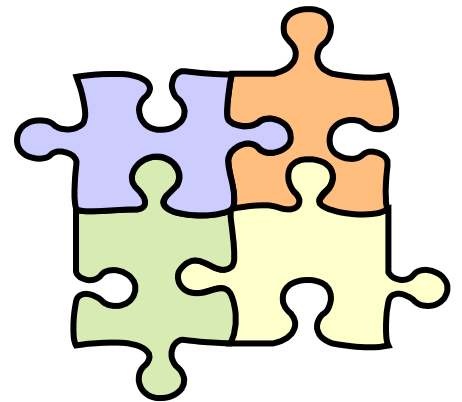


软件过程

4 过程模型介绍

主要过程模型

- ISO9000
- ISO/IEC 15504 (SPICE)
- 6 sigma
- PCM
- CMMI



软件过程

4 软件能力成熟度模型 (CMM)

术语（1）

■ 软件过程（Software Process）

- 人们在开发和维护软件及其相关产品时所涉及的各种活动、方法、实践和改革等。其中软件相关产品包括软件项目计划、设计文档、程序代码、测试用例和用户手册等。

■ 软件过程能力（Software Process Capability）

- 当遵循某个软件过程时所能达到的期望效果，它可以有效预测企业接收新的软件项目时可能得到的结果。

术语（2）

■ 软件过程成熟度（Software Process Maturity）

- 指一个特定的软件过程被显式定义、管理、度量、控制和有效的程度。成熟度意味着能力上的增长潜力。
- 当一个企业达到了一定的软件过程成熟级别后，它将通过制定策略、建立标准和确立机构结构使它的软件过程制度化。而制度化又促使企业通过建立基础设施和公司文化来支持相关的方法、实践和过程。从而使之可以持续并维持一个良性循环。

■ 成熟与不成熟（Maturity & Immaturity）

- 企业要通过选择最关键的目标来进行过程改进，应该搞清成熟的软件过程和不成熟的过程之间的差异。

术语（3）

■ 过程域（Process Areas）

- 互相关联的若干软件实践活动和有关基础设施的集合。
- 每个软件能力成熟等级包含若干个对该成熟度等级至关重要的过程域，它们的实施对达到该成熟度等级的目标起保护作用，这些过程构成过程。

■ 实践（Practice）

- 对过程域的实施起关键作用的方针、规程、措施、活动以及相关基础设施的建立。
- 过程一般只描述“做什么”，而不强制规定“如何做”。过程域的目标是通过其包含的实践的实施来达到的。

术语（4）

■ 过程资产（**Process Assets**）

- 在组织中，对实现过程域的目标有用的任何内容。

■ 组织过程资产库（**OPAL, Organization Process Assets Library**）

- 用来建立和存储组织有用过程资产的库，资产主要使用在定义、实现和管理过程中使用，资产库一般包括方针、规程、检查单、培训资料、模板、已定义过程、计划、经验教训等。

术语（5）

■ 质量保证（QA, Quality Assurance）

- 为确保实际执行中的管理符合已经定义的规范、实践、过程和方法而进行的检查。

■ 裁剪（Tailor）

- 指对过程、活动或者模板使用时，与标准要求存在一致时所执行的活动。

■ 干系人（Stakeholder）

- 对一个企业或者事件输出负有责任的人，如项目团队、供应商、客户、最终用户等。

应用于三个领域的CMMI V1.3

■ CMMI®-DEV

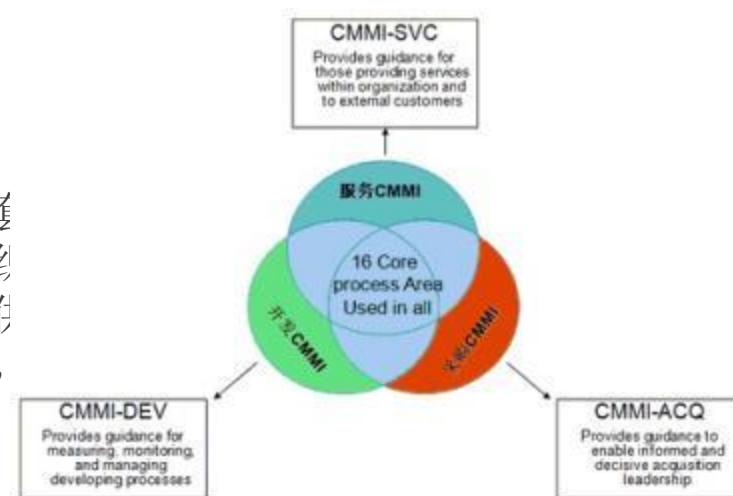
- 为产品和服务的开发与维护活动提供最佳实践，覆盖产品从概念到交付到维护的整个生命周期。它偏重于开发和维护产品的必要性工作。

■ CMMI®-SVC

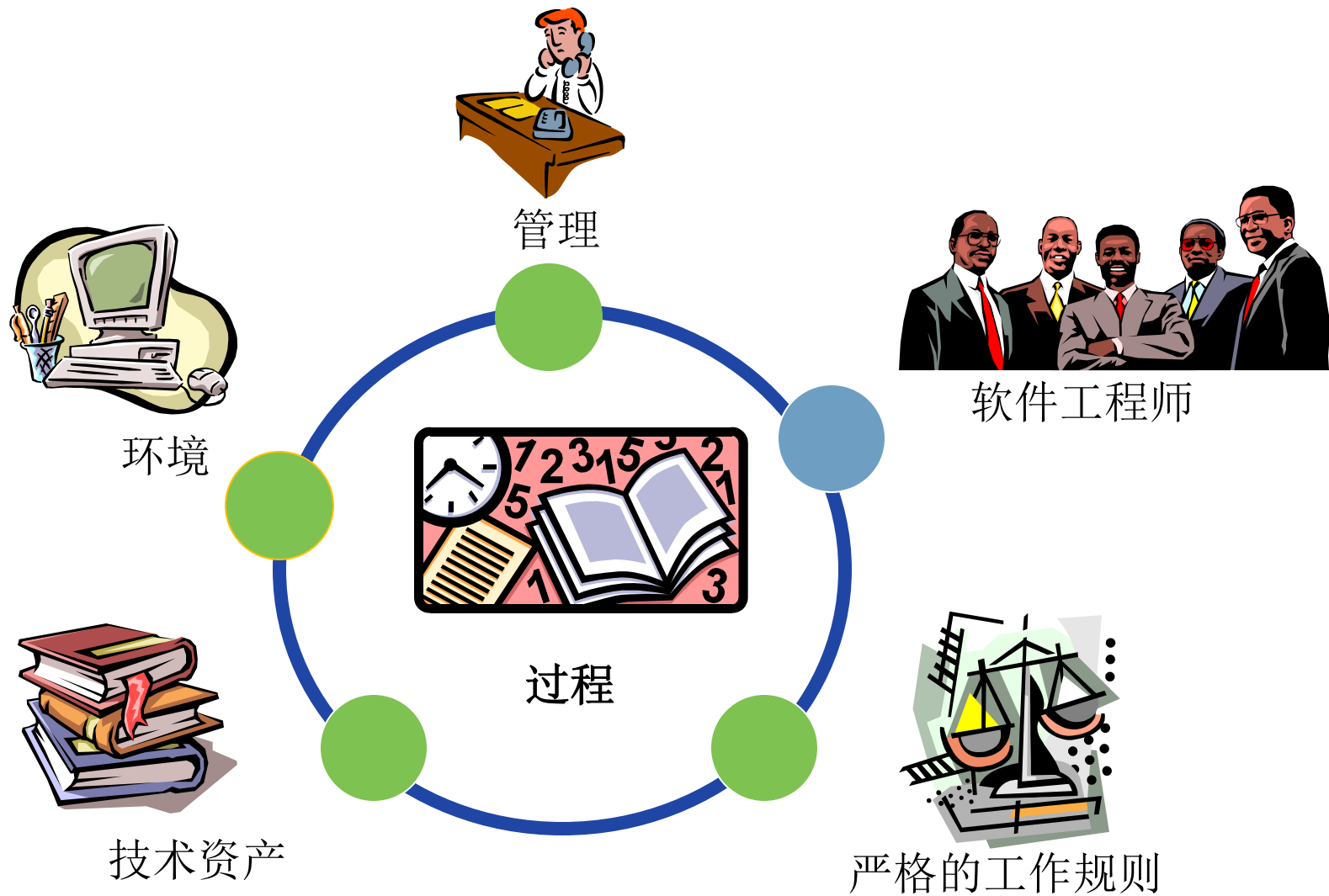
- 为服务型组织提供了管理、建立、交付服务的一整套规范指南。作为最佳实践的集合，它帮助服务型组织进行高效的设计、部署和管理服务。为服务行业提供持续改进模型和参考标准。这个模型使用领域宽广，适用于各类型服务提供商。

■ CMMI®-ACQ

- 为采购型组织提供了启动和管理产品与服务采购的一整套规范指南，以满足客户的要求。本模型偏重于采购业务流程以及实现成功采购所必须知识体系。



过程中的角色



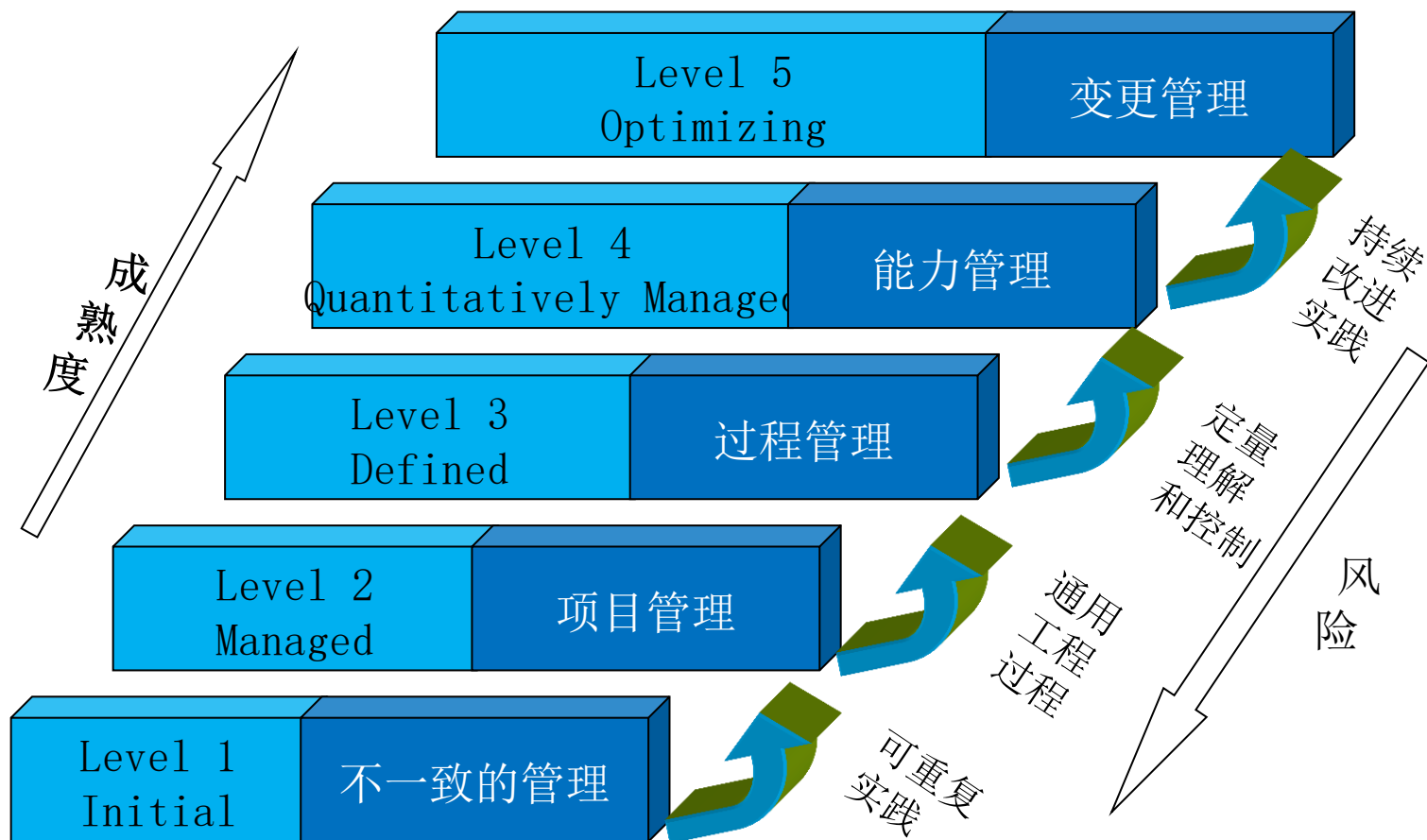
阶梯式的框架

- CMMI强调连续的软件过程改进。该连续的改进基于多个演化步骤。CMM将这些演化步骤划分成**五个级别**。这种分级结构的理论依据是软件质量原理。
- 每一级别都包括若干**目标**。当满足某一目标后，软件过程的相应部分便确定下来。
- 五级成熟度定义了一个标准，用以**度量**机构的软件过程成熟度和评价其软件过程能力。

过程成熟度框架

级别	CMM级别的目标
5 优化	持续改进架构
4 量化管理 (可预测)	管理和开拓由该架构生成的知识
3 已定义	建立一个通用的组织架构
2 可管理	在项目内部创建管理的基础

成熟度之间的关系



22 process areas (CMMI-DEV V1.3)

1. Causal Analysis and Resolution (CAR)
2. Configuration Management (CM)
3. Decision Analysis and Resolution (DAR)
4. Integrated Project Management (IPM)
5. Measurement and Analysis (MA)
6. Organizational Process Definition (OPD)
7. Organizational Process Focus (OPF)
8. Organizational Performance Management (OPM)
9. Organizational Process Performance (OPP)
10. Organizational Training (OT)
11. Product Integration (PI)
12. Project Monitoring and Control (PMC)
13. Project Planning (PP)
14. Process and Product Quality Assurance (PPQA)
15. Quantitative Project Management (QPM)
16. Requirements Development (RD)
17. Requirements Management (REQM)
18. Risk Management (RSKM)
19. Supplier Agreement Management (SAM)
20. Technical Solution (TS)
21. Validation (VAL)
22. Verification (VER)

CMMI阶段式分组

阶段式分组	缩写	过程域
成熟度等级2	REQM	需求管理
	PP	项目计划
	PMC	项目监督和控制
	SAM	供应合同管理
	MA	度量和分析
	PPQA	过程和产品质量管理
	CM	配置管理
成熟度等级3	RD	需求开发
	TS	技术解决方案
	PI	产品集成
	VER	验证
	VAL	确认

(续表)

阶段式分组	缩写	过程域
	OPF	组织级过程焦点
	OPD	组织级过程定义
	OT	组织级培训
	IPM	集成化项目管理
	RSKM	风险管理
	DAR	决策分析和解决方案
成熟度等级4	OPP	组织级过程性能
	QPM	项目定量管理
成熟度等级5	OID	组织级改革和实施
	CAR	因果分析和解决方案

CMMI连续式分组

连续式分组	缩写	过程域
过程管理	OPF	组织级过程焦点
	OPD	组织级过程定义
	OT	组织级培训
	OPP	组织级过程性能
	OID	组织级改革和实践
项目管理	PP	项目计划
	PMC	项目监督和控制
	SAM	供应商合同管理
	IPM	集成化项目管理
	RSKM	风险管理
	IT	集成化培训
	QPM	项目定量管理

(续)

连续式分组	缩写	过程域
工程	REQM	需求管理
	RD	需求开发
	TS	技术解决方案
	PI	产品集成
	VER	验证
	VAL	确认
支持	CM	配置管理
	PPQA	过程和产品质量保证
	MA	度量和分析
	DAR	决策分析和解决方案
	OEI	组织级集成环境
	CAR	因果分析和解决方案

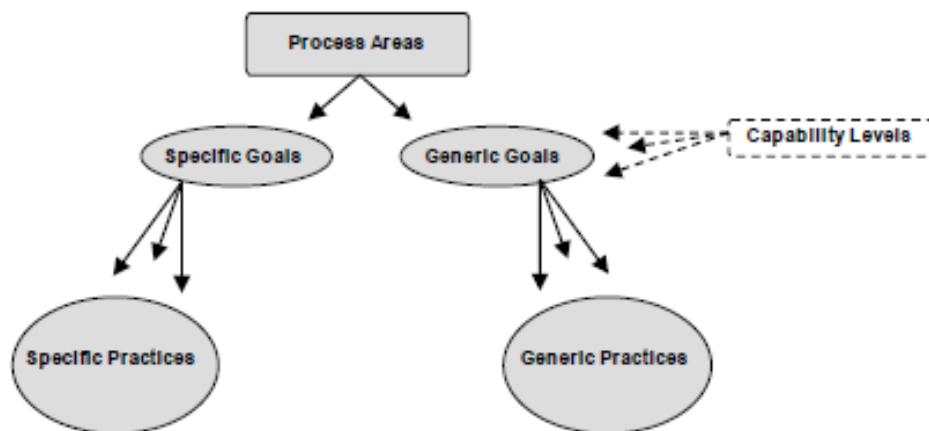
能力等级与成熟度级别的对比

级别	连续式表示法 能力等级 阶段式表示法 成熟度级别	阶段式表示法 成熟度级别
0 级	不完整级	
1 级	已执行级	初始级
2 级	已管理级	已管理级
3 级	已定义级	已定义级
4 级		已量化管理级
5 级		持续优化级

- 能力等级与成熟度级别都提供了一种改进组织过程的方式，并对组织能够并切实改进其过程的程度进行度量。然而，与过程改进相关联的途径却有所不同。
- 注意在两种表示法中，有两个等级的名称是相同的(即已管理级与已定义级)。区别在于不存在成熟度级别0级、没有能力等级4级或5级；另外在1级时，能力等级1级与成熟度级别1级所使用的名称不同。
- 连续式表示法涉及选择一个特定的过程域进行改进，以及确定对这个过程域预期达到的能力等级。在这种情况下，过程已得到执行或仍不完整，这一点是重要的。因此，采用名称“不完整级”作为连续式表示法的起点。
- 阶段式表示法涉及选择某一成熟度级别下的多个过程域进行改进；单个过程已得到执行或仍不完整就不是首要关注点。因此,采用名称“初始级”作为阶段式表示法的起点。

理解级别

Continuous Representation



Staged Representation

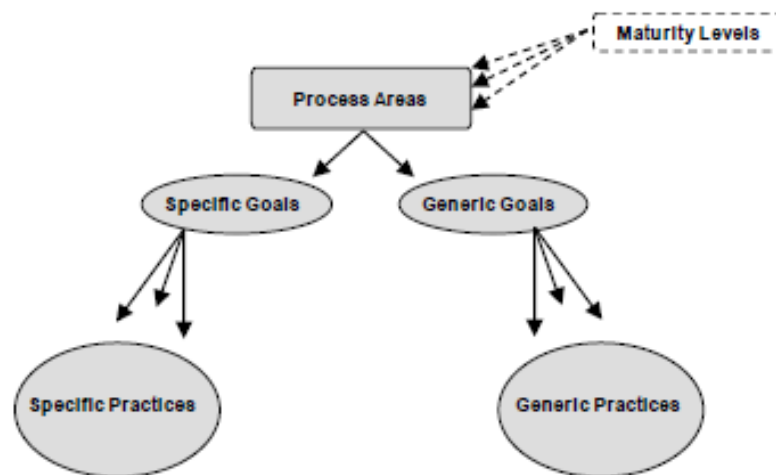
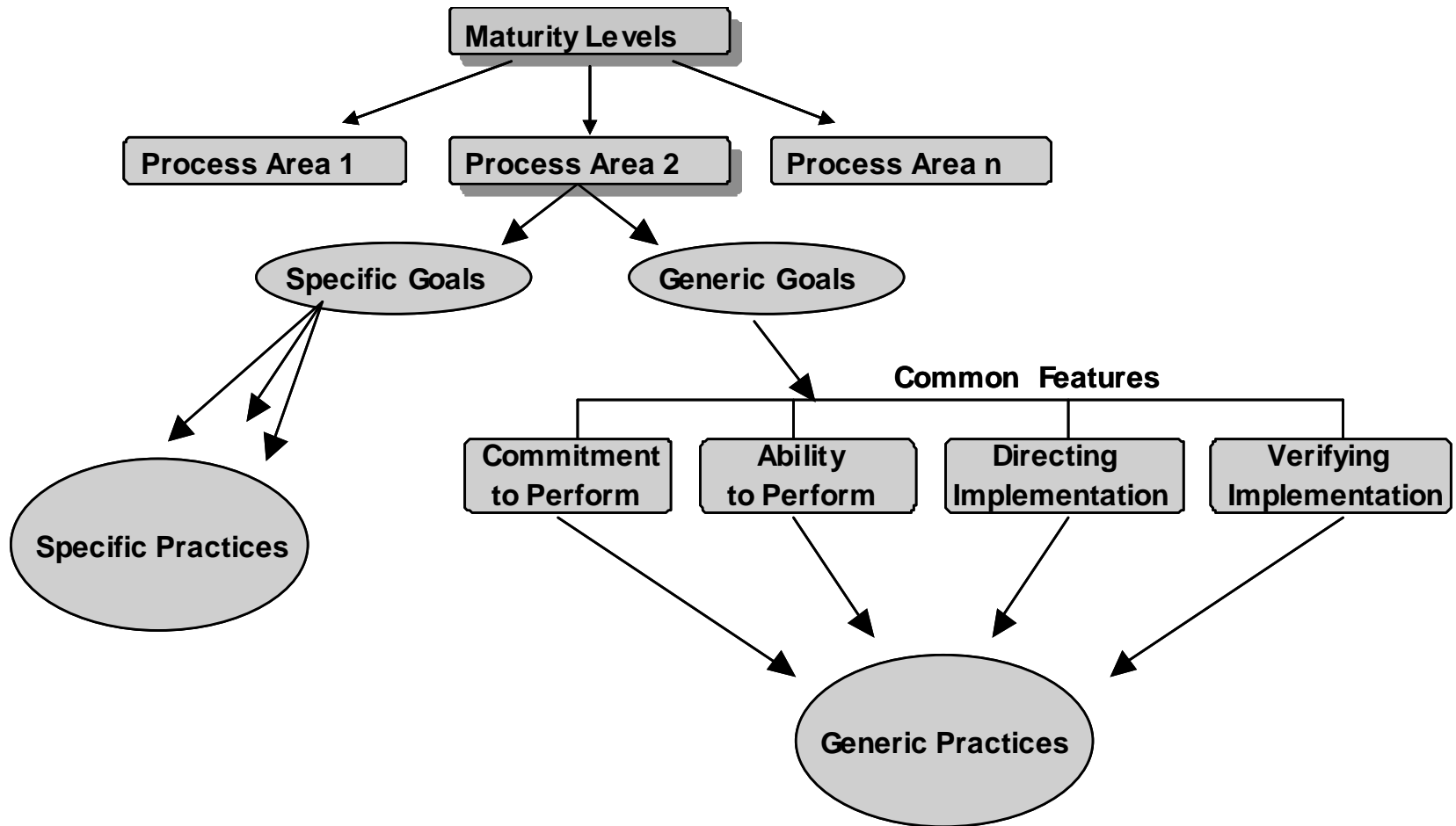


图 3. 1: 连续式表示法与阶段式表示法的结构

成熟度等级结构



CMMI Model Components

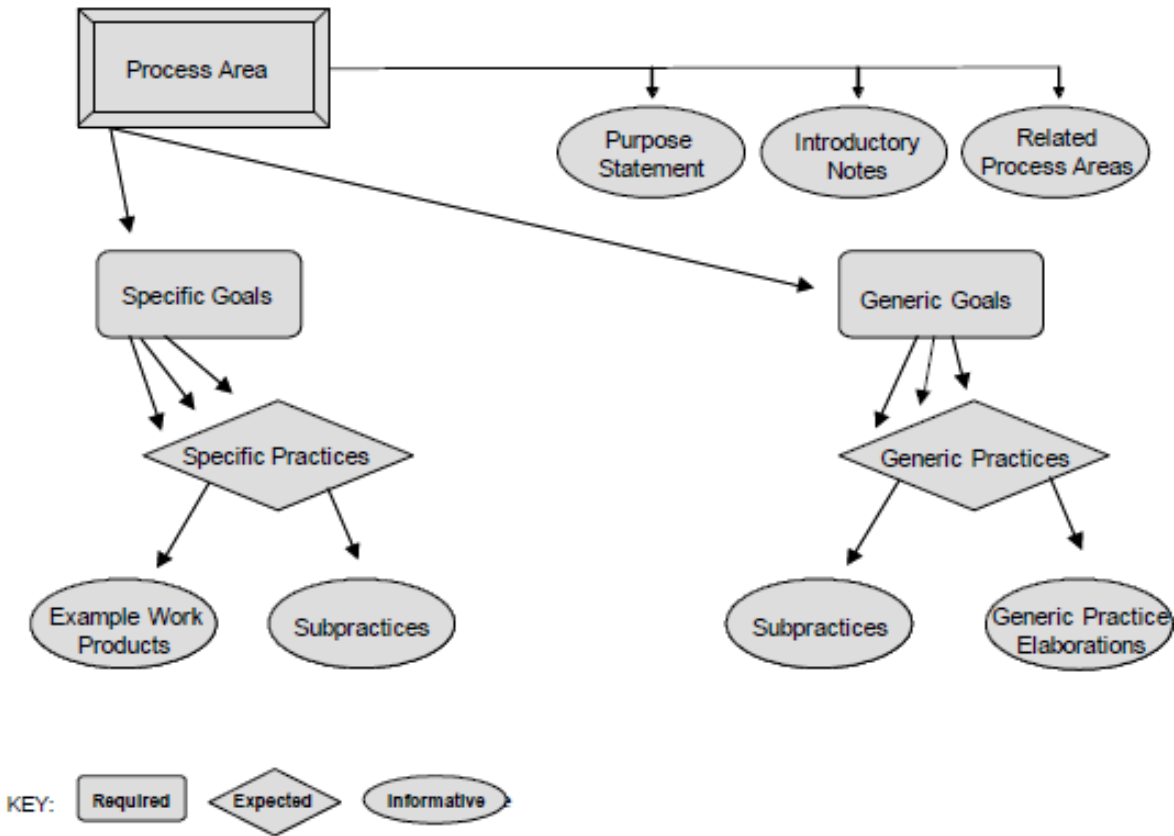


Figure 2.1: CMMI Model Components

- 需要的组件 (required components)
 - 目标: 代表了想要的最终状态, 它的实现表示项目和过程控制已经达到了某种规定的程度。
- 期望的组件 (expected components)
 - 实践: 代表了达到目标的“期望的”手段。
 - 每个实践都恰好映射到一个目标。
- 说明性的组件 (informative components)
 - 帮助用户理解CMMI的“需要的组件”和“期望的组件”的组件。
 - 包含10种用于提供信息的资料: 目的、介绍性说明、引用、名字、实践与目标关系表、注释、典型工作产品、子实践、学科扩充、共性实践的详细说明

项目计划（PP）

■ 目的：

- 项目计划（Project Planning, PP）的目的在于建立并维护定义项目活动的计划。

■ 3个特定目标：

1) SG 1建立估算

- SP 1.1 估算项目范围
- SP 1.2 建立对工作产品与任务属性的估算
- SP 1.3 定义项目生命周期阶段
- SP 1.4 估算工作量与成本

2) SG 2制订项目计划

- SP 2.1 建立预算与进度

- SP 2.2 识别项目风险
- SP 2.3 计划数据管理
- SP 2.4 计划项目资源
- SP 2.5 计划所需的知识与技能
- SP 2.6 计划干系人的参与
- SP 2.7 建立项目计划

3) SG 3获得对计划的承诺

- SP 3.1 评审影响项目的各项计划
- SP 3.2 协调工作与资源水平
- SP 3.3 获得对计划的承诺

项目监督和控制（PMC）

■ 目的：

- 项目监督与控制（Project Monitoring and Control, PMC）的目的在于提供对项目进展的了解，以便在项目绩效显著偏离计划时可采取适当的纠正措施。

■ 2个特定目标：

1) SG 1对照计划监督项目

- SP 1.1 监督项目计划参数
- SP 1.2 监督承诺
- SP 1.3 监督项目风险
- SP 1.4 监督数据管理
- SP 1.5 监督干系人的参与

- SP 1.6 进行进展评审

- SP 1.7 进行里程碑评审

2) SG 2管理纠正措施直至关闭

- SP 2.1 分析问题
- SP 2.2 采取纠正措施
- SP 2.3 管理纠正措施

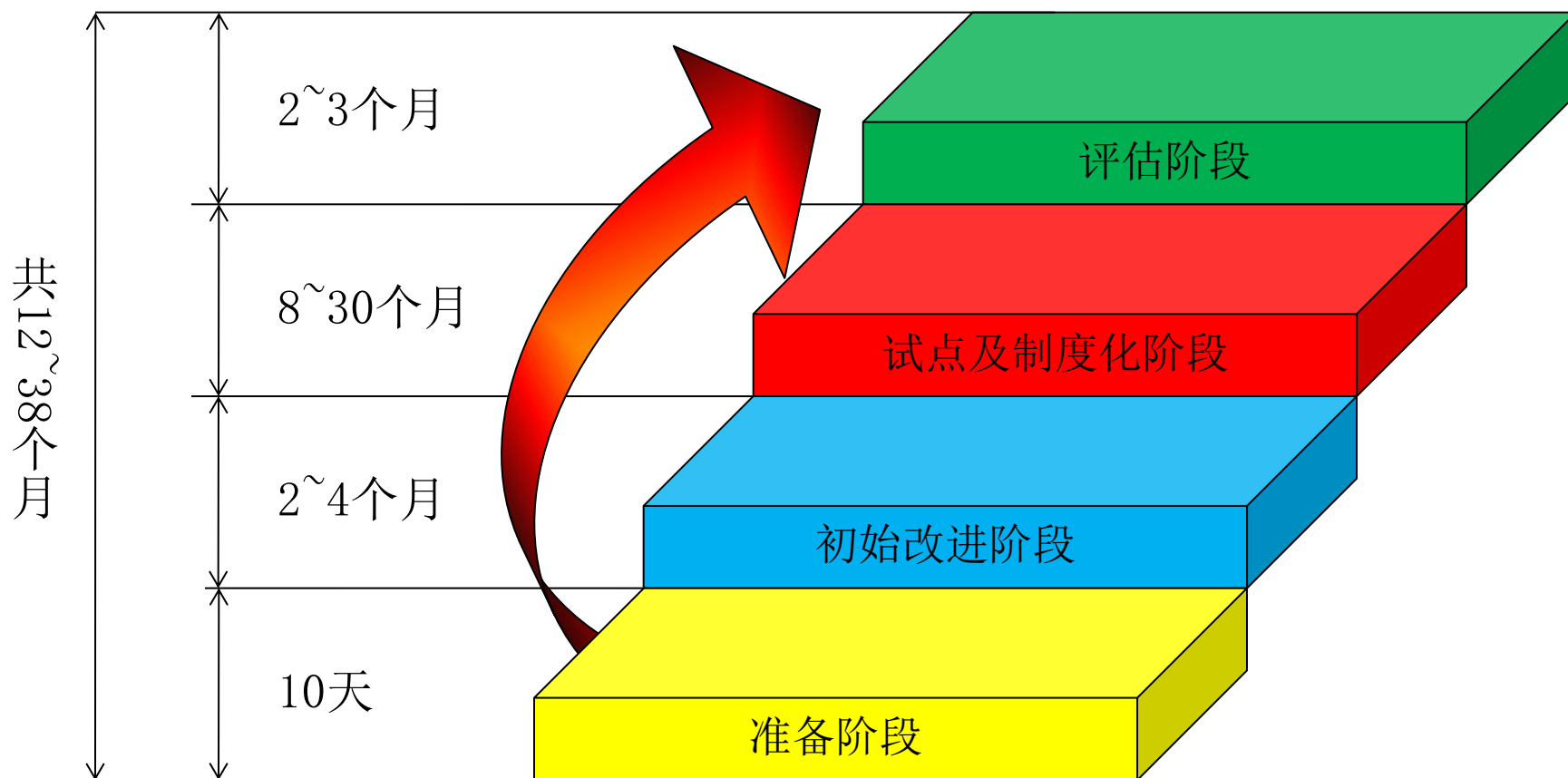
过程和产品的质量保证（PPQA）

- 目的：
 - 过程与产品质量保证（Process and Product Quality Assurance, PPQA）的目的在于向员工与管理层提供对过程及其相关工作产品的客观洞察。
- 2个特定目标：
 - 1) SG 1客观评价过程与工作产品
 - SP 1.1 客观评价过程
 - SP 1.2 客观评价工作产品
 - 2) SG 2提供客观洞察
 - SP 2.1 沟通并解决不符合问题
 - SP 2.2 建立记录

软件过程

5 CMMI实施

CMMI项目的实施通常分为四个阶段：



使用CMMI需要解决的主要问题

- 选择合适的规范
- 选择一种表示法
- CMMI评估



CMMI实施流程



① 准备阶段

- 主要工作：培训CMMI基础知识，识别差距，制定过程改进行动计划

② 初始阶段

- 主要工作：
 - 针对各个PA开展培训，详细解释标准要求，介绍最佳实践，并指导如何结合实际情况进行实施。
 - 指导文件编写，评审文件。

③ 试点及制度化

- 试点情况评审、制度化推进和制度化情况评审。
- 主要工作：指导如何在机构内实施CMMI，定期评审实施情况，并解决发现问题，

④ 评估阶段

- 主要工作：最终评估所要求的一些培训，如SCAMI培训、“Introduction to CMMI”标准课程培训等；预评估、最终评估。

评估组的重要性

1. 评估结果反映了评估组的知识、技能、经验
2. 评估的结果是否客观要取决于评估组的客观性
3. 评估的结果是否可信性要取决于评估组的可信性和评估组做决策的可信性



讨论题

1. 用过程改进的观点看待你周围的事务，你认为有哪些值得改进的地方？
2. 应该如何开展软件过程改进？
3. 思考并讨论软件企业过程管理的意义。
4. 总结本企业的基本过程模型。

练习题

1. 针对案例A中的项目，按照CMMI®-DEV 1.3规范的要求，定义软件项目计划过程（PP），要求：
 - (1) 过程符合CMMI要求，参考《CMMI 开发模型，版本1.3 》的p231-248部分；
 - (2) 完成PP过程的核心部分，形成书面文档。

习题

- ① CMMI与ISO9000有什么异同？
- ② 简述RUP（Rational Unified Process）的基本内容。
- ③ 什么是CMMI过程域？举例说明其含义。
- ④ CMMI的连续式（continuous representation）模型和阶段式（staged representation）模型各有什么优缺点？
- ⑤ 在什么情况下产品质量可能决定于开发团队的质量？举例说明什么类型的软件产品特别依赖于个人的天赋和能力。
- ⑥ 过程评估在软件过程改进中有什么作用？
- ⑦ 软件技术审查和管理复审的作用是什么？
- ⑧ 软件工程的文档分哪两大类，主要作用是什么？