



华夏英才基金学术文库

苏秦 何进 张涑贤 编著

软件过程质量管理



科学出版社

www.sciencep.com

TP311.5/235

2008



华夏英才基金学术文库

软件过程质量管理

苏 秦 何 进 张涑贤 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书充分考虑软件产品及其生产过程的特殊性,在全面论述现代软件质量管理原理的基础上,结合作者的研究和国内外的最新成果,以支持软件过程质量管理方法的体系结构为主线,系统介绍了软件质量管理方法、模块化软件生产过程的质量管理方法以及软件过程质量评价与度量的关键技术。全书共七章,主要内容包括软件质量概述、软件度量及质量改进、软件需求过程、设计过程、测试过程、维护过程、外包过程的过程质量管理与评价。

本书可作为高等院校相关专业教师和研究生的教学用书,也可作为软件质量管理的专业人员和系统分析师的参考书,还可作为软件公司、计算机专业管理人员以及软件质量研究爱好者的参考和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

软件过程质量管理/苏秦,何进,张涑贤编著. —北京:科学出版社,2008
(华夏英才基金学术文库)

ISBN 978-7-03-020582-7

I. 软… II. ①苏…②何…③张… III. 软件质量-质量管理
IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 035246 号

责任编辑:张海娜/责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 4 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008 年 4 月第一次印刷 印张:29 1/4

印数:1—3 000 字数:573 000

定价:85.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

前 言

软件是信息社会的重要基础和核心，是一零边际成本的无形产品。关于软件质量及其评价的研究始于 20 世纪 70 年代，国外对此研究所涉及的领域已经相当广泛，已从不同的角度探讨了软件的质量及其度量问题，形成了不同的软件质量观及相应的质量特征和标准，建立了质量模型并提出了评价度量方法。但这些软件质量模型只是从技术角度强调软件产品的开发质量，忽略了用户和背景问题。

从软件产品开发的技术趋势看，有关软件的技术已经日益普及和成熟。但实践表明，仅从技术上解决软件质量问题的效果是十分有限的，要从根本上解决软件这一智力型的、无形的产品质量问题，必须考虑的重要因素是管理方法。而软件产品及其生产过程的特殊性决定了对其进行质量管理相对实物产品更难以进行，软件产品质量和软件生产过程质量难以量化，难以对其实施定量的质量管理方法。目前通过全面、系统地分析“软件”这一特殊产品及其各生产过程的质量，并建立基于过程的质量管理方法的研究并不多见。

本书充分考虑软件产品及其生产过程的特殊性，在全面论述现代软件质量管理原理的基础上，结合作者的研究和国内外的最新成果，以支持软件过程质量管理方法的体系结构为主线，论述了基于过程的软件质量管理方法，建立了一个支持软件过程质量管理的体系结构，即以软件需求过程、设计过程、测试过程、维护过程、外包过程的过程质量评价与度量为核心，以软件生命周期测试系统管理为基础，以软件维护为保障，对软件生产过程实施量化质量管理。

全书共七章，第一章和第二章是全书的基础，主要包括软件质量概念、质量管理及其发展过程、软件过程质量标准、基于过程的软件质量管理途径、软件质量模型、软件度量方法论以及软件质量功能开发（SQFD）和软件过程统计质量控制方法；第三章到第七章详细研究模块化的软件生产过程质量管理方法，包括软件需求过程、设计过程、测试过程、维护过程、外包过程的过程质量管理与评价。

与国内外已出版的同类书籍比较，本书在编写过程中力求体现以下特点：①突出软件过程质量管理理论的系统性和前沿性；②把传统软件企业质量管理扩展到软件供应链质量管理，突出软件外包供应商质量管理和顾客满意度的重要性；③强调软件过程质量度量和质量改进的系统方法；④在软件过程质量管理技术方法的基础上强调统计质量控制技术（SQC）的应用；⑤建立了软件测试生命周期系统和软件可维护性系统管理模型，构建了软件测试、软件维护与软件开发过程的关系；⑥既有软件质量与质量管理方法的比较研究，又有模块化软件生产过程质量管理方法研究。

本书的主要读者包括高等院校软件相关专业的教师和研究生，软件质量管理

的专业人员和系统分析师以及软件公司、计算机专业管理人员等。

本书的完成，要特别感谢国家自然科学基金（项目编号：70072023，79800005，70472037）和教育部新世纪优秀人才资助计划（项目编号：NCET-04-0937）对我们研究的资助；感谢汪应洛院士和曾明教授对本书所给予的细心的指导工作；另外，衷心感谢西安交通大学质量研究团队成员赵晶华、孟国保、张春霞及刘云鹤等为本书付出的辛勤劳动。

由于时间仓促和编著者业务水平有限，书中难免有不当或疏漏之处，敬请读者多提宝贵意见。

苏 秦

2007 年 12 月于西安交通大学管理学院

目 录

前言

第一章 软件质量概述	1
1.1 软件质量简述	1
1.1.1 软件质量	1
1.1.2 质量管理及其发展	2
1.1.3 软件质量控制	5
1.1.4 现代软件质量管理	6
1.2 质量大师的质量哲学	9
1.2.1 戴明	9
1.2.2 朱兰	11
1.2.3 克劳士比	13
1.2.4 其他质量管理专家	14
1.2.5 各种质量哲学的比较	16
1.3 软件过程质量标准	16
1.3.1 CMM	17
1.3.2 ISO 9000	20
1.3.3 BOOTSTRAP	21
1.3.4 SPICE	21
1.3.5 ISO/IEC 15504	23
1.3.6 ISO/IEC 12207	24
1.3.7 CLEANROOM	25
1.3.8 NASA-SEL	26
1.3.9 各标准之间的关系	27
1.4 敏捷竞争中 TQM、ISO 9000 和 six sigma 的比较	28
1.4.1 敏捷竞争概述	28
1.4.2 TQM 与 ISO 9000 的比较	29
1.4.3 six sigma 关于质量的含义与 TQM 的差异分析	30
1.4.4 six sigma、ISO 9000 与质量控制 (QC) 的比较研究	35
1.4.5 敏捷竞争与 TQM、ISO 9000 的比较	35
1.4.6 敏捷竞争与 TQM、ISO 9000 的融合	37
1.5 软件企业质量环境综合体系的建立及其演化	40

1.5.1 演化型质量管理方法	40
1.5.2 ISO 9000质量管理体系的演化及柔性分析	48
1.5.3 质量环境综合管理体系的建立与演化	51
1.6 基于过程的软件质量管理途径	60
1.6.1 软件生命周期模型	60
1.6.2 软件企业质量管理存在的问题	69
1.6.3 基于过程的软件质量管理途径	70
1.7 本章小结	72
参考文献	74
第二章 软件度量及质量改进	76
2.1 软件质量模型	76
2.1.1 软件质量经典模型	77
2.1.2 ISO 的软件质量评价模型	81
2.1.3 全面软件质量模型	85
2.2 软件度量	89
2.2.1 软件度量过程	90
2.2.2 软件度量方法论	96
2.2.3 软件度量的准则	104
2.2.4 软件质量度量与评价	108
2.3 软件开发度量思想	112
2.3.1 ISO 的度量思想：基于事实的决策方法	112
2.3.2 CMM 的度量思想：度量与分析	113
2.3.3 个体软件过程的度量思想：由定性走向定量	115
2.3.4 团队软件过程概要	117
2.4 软件质量控制与质量改进	120
2.4.1 软件质量机能展开模型	120
2.4.2 软件过程统计质量控制方法	121
2.4.3 软件质量改进	125
2.5 本章小结	128
参考文献	129
第三章 软件需求过程质量管理	132
3.1 需求与需求过程	132
3.1.1 需求相关概念	133
3.1.2 需求过程相关概念	137
3.1.3 软件需求过程的过程模型	139
3.2 需求管理的方法	140

3.2.1 统一的需求分析过程	140
3.2.2 基于过程的质量状态监控	141
3.2.3 基于要素的改进路径选择	142
3.2.4 质量管理课程网络课件的需求分析案例研究	142
3.3 需求获取过程及获取方法分析	146
3.3.1 需求获取过程流程	146
3.3.2 需求获取过程中的活动和方法分析	148
3.3.3 基于 KANO 模型的功能需求分析	155
3.3.4 具有冲突的质量需求的权衡分析	157
3.3.5 需求获取阶段的风险因素识别	159
3.4 软件需求综合质量的评价方法	160
3.4.1 质量满意度函数相关概念分析	161
3.4.2 软件需求综合质量满意度函数	162
3.4.3 质量需求满意度函数的构建	164
3.4.4 考虑项目需求的功能需求满意度函数构建	173
3.4.5 软件需求综合质量满意度函数构建和应用举例	173
3.5 需求变更过程及其管理研究	176
3.5.1 需求变更的原因	177
3.5.2 需求变更过程分析	179
3.5.3 需求变更过程与需求变更测量度量的关系研究	181
3.5.4 需求变更过程中的度量与管理研究	182
3.6 软件需求过程质量管理方法	188
3.6.1 软件需求过程质量评价	188
3.6.2 软件需求过程质量管理方法	191
3.6.3 软件需求过程质量改进方法	193
3.7 本章小结	194
参考文献	195
第四章 软件设计过程质量管理	198
4.1 软件设计过程	198
4.1.1 软件设计过程概述	198
4.1.2 软件复用	204
4.1.3 软件设计过程流程	205
4.2 软件设计过程的质量目标及影响因素	205
4.2.1 软件设计过程的质量目标	205
4.2.2 软件设计质量影响因素	209
4.3 软件设计过程的度量	213

4.3.1	过程度量模型 GQM	214
4.3.2	软件设计进度度量	215
4.3.3	软件设计过程的稳定性度量	218
4.3.4	软件设计过程能力	224
4.4	软件设计过程故障模式和影响分析	225
4.4.1	FMEA 原理及在软件业的应用	225
4.4.2	SPFMEA 在软件设计过程中的应用研究	227
4.5	软件设计过程质量控制	235
4.5.1	DSP 过程控制模型	236
4.5.2	软件设计过程的质量控制	238
4.6	本章小结	242
	参考文献	243
第五章	基于过程的软件测试	245
5.1	软件测试概述	245
5.1.1	软件测试的重要性	246
5.1.2	软件测试的发展和现状	246
5.1.3	传统的软件测试观点——程序测试	247
5.1.4	新的测试观点——软件测试生命周期	250
5.2	软件测试生命周期模型的构建	254
5.2.1	软件测试方法分类	254
5.2.2	动态测试的基本过程	255
5.2.3	开发过程和测试过程的关系分析	265
5.2.4	测试与开发并行过程的活动分析	266
5.2.5	软件测试过程管理	272
5.2.6	软件测试生命周期模型的建立	273
5.3	评审过程的管理	274
5.3.1	评审过程概述	274
5.3.2	评审过程分析	276
5.3.3	评审小组成员之间的利益冲突分析	279
5.3.4	评审成员的选择	280
5.3.5	评审过程的管理	285
5.3.6	评审度量	286
5.4	动态测试过程的管理	289
5.4.1	测试小组与开发小组的关系分析	289
5.4.2	测试计划过程的管理	295
5.4.3	测试设计过程的管理	298

5.4.4 测试执行过程的管理	301
5.4.5 测试评估过程的管理	310
5.5 本章小结	314
参考文献	316
第六章 软件维护过程质量管理	319
6.1 软件维护系统模型	319
6.1.1 软件维护系统	319
6.1.2 软件开发与软件维护各阶段的映射	321
6.1.3 基于 TQM 的软件维护系统模型的建立	323
6.1.4 软件维护系统模型的 TQM 解释和应用方法	325
6.1.5 基于开发过程的软件可维护性控制	327
6.2 基于过程的软件可维护性的结构	330
6.2.1 软件可理解性及其度量	333
6.2.2 基于过程的软件可修改性及其度量	347
6.2.3 软件的可测试性及其度量	352
6.2.4 软件可维护性度量的应用方法	361
6.3 基于度量的软件可维护性的控制	364
6.3.1 软件需求阶段可维护性的控制	365
6.3.2 软件设计阶段可维护性的控制	368
6.3.3 软件编码阶段可维护性的控制	371
6.4 开发过程中软件可维护性管理的评价	373
6.4.1 TQM 要素	373
6.4.2 开发过程中软件可维护性管理的成熟度	373
6.4.3 开发过程中的软件可维护性管理成熟度等级	374
6.4.4 软件可维护性管理成熟度等级的实施因素	376
6.5 本章小结	379
参考文献	380
第七章 基于过程的软件业务外包质量研究	384
7.1 软件外包概述	384
7.1.1 软件企业业务外包动因分析	384
7.1.2 基于过程的软件企业业务外包	386
7.1.3 软件业务外包过程支撑工具	386
7.2 软件外包过程研究	388
7.2.1 软件外包决策过程研究	388
7.2.2 分承包方选择和评价过程研究	395
7.2.3 对分承包方企业的管理和交流过程研究	401

7.2.4	软件外包验收过程研究	409
7.2.5	软件外包过程与核心活动	414
7.3	软件外包过程数据库的设计	415
7.3.1	过程数据库的内容和作用	415
7.3.2	过程数据库体系结构	417
7.3.3	过程数据库的构建	418
7.3.4	过程能力基线	430
7.3.5	基于过程数据库的 DSS	431
7.4	软件外包实证研究	434
7.4.1	调查方法和数据处理方法	434
7.4.2	软件企业业务外包调查统计分析	435
7.4.3	软件外包过程调查数据统计分析	441
7.4.4	软件外包风险调查	448
7.4.5	软件行业业务外包的发展趋势预测及可能出现的问题分析	451
7.5	本章小结	453
	参考文献	454

第一章 软件质量概述

软件是信息社会的重要基础和核心，是一零边际的无形产品。在当今社会，了解软件这一特殊产品的质量概念并且提高其质量，对维持客户对软件产品的忠诚以及软件企业的信誉至关重要。现代软件质量管理常用到的方法和技术涉及软件测试、软件质量保证、软件过程改进和度量等。目前，国际通用的软件过程标准有 CMM、ISO 9000、ISO/IEC 12207、CLEANROOM、ISO/IEC 15504、NASA-SEL 和 BOOTSTRAP 等，每种标准都有一定的优点和适用范围。

敏捷是一种快速的反应能力，敏捷竞争环境下质量管理实践会有其特殊的要求，敏捷竞争环境下对 TQM、ISO 9000 和 six sigma 的比较研究有助于软件企业奉行正确的质量管理思想，质量系统的演化型管理突出了质量系统内部关系随外部环境的变化而变化的思想，质量环境综合管理体系的建立和演化是软件企业的发展思路。如何有条理地安排分析、设计、编程、测试、维护等活动，以做好软件开发工作，是软件生命周期模型解决的问题。分析各种不同的软件生命周期模型的优缺点和适用范围，对软件企业用正确的方法开发出保证质量的软件产品很重要。

本章旨在使读者了解现代软件质量管理基础知识：概述了质量及软件质量的概念、质量管理的发展过程以及现代软件质量管理主要工作，分析了各质量大师的质量哲理及其对质量研究的贡献，详细研究了各种软件过程质量标准。在分析软件企业质量管理存在问题的基础上，提出了基于过程的软件质量管理途径，以保证最终软件产品的质量适应信息社会和企业环境快速变化的要求。本章内容对于了解和掌握软件质量管理的基本常识以及软件企业质量管理系统的正确建立和有效运行有重要参考价值和指导意义。

1.1 软件质量简述

1.1.1 软件质量

各个不同的质量大师对质量的理解和定义各不相同，各有其侧重面。克劳士比（Crosby）对质量的定义是狭义的，他规定质量就是简单的“符合要求”。在判断产品的质量或者确定已定义的需求是否真的适用于产品时，这个定义未把产品质量中存在的固有差异考虑进去。朱兰（Juran）把质量定义为“适用性”，在两个产品都适合使用的时候，这个定义不能提供一个机制来判断哪个产品更优。

其他质量大师各有不同的质量哲理，我们将在以后章节讨论。

ISO 9000 (2000 版) 对质量的定义是“一组固有特性满足要求的程度”^[1]，这个定义指出：①质量应当满足顾客和其他相关方面的要求；②不仅产品要有质量要求，体系或过程也要有质量要求；③质量是一个发展的、开放的概念；④质量的最终判定权在顾客和其他相关方面那里；⑤质量的本质含义是经济学的，即以最低的成本获得最大的收益。

ISO 9126 的信息技术标准^[2]中定义：

(1) 软件 (software)：与计算机系统的操作有关的程序、规程、规则及任何与之有关的文档。

(2) 软件产品 (software product)：指定支付给用户的软件实体。

(3) 软件质量 (software quality)：与软件产品满足明确或隐含需求的能力有关的特征和特性的总和。

(4) 软件质量特性 (software quality characteristics)：用以描述和评价软件产品质量的一组属性。一个软件质量特性可被细分成多级子特性。

ISO 9126 的信息技术标准中软件质量的特性如表 1.1 所示。

表 1.1 ISO 9126 质量特性

质量特性	含 义
功能性	与一组功能及其指定的性质有关的一组属性。这里的功能是指满足明确或隐含的需求的那些功能
可靠性	与在规定的一段时间和条件下，软件维持其性能水平的能力有关的一组属性
易用性	与一组规定或潜在的用户为使用软件所需做的努力和对这样的使用所做的评价有关的一组属性
效 率	与在规定的条件下，软件的性能水平与所使用资源量之间关系有关的一组属性
维护性	与进行指定的修改所需的努力有关的一组属性
可移植性	与软件可从某一环境转移到另一环境的能力有关的一组属性

ISO 9126 的信息技术标准为软件质量的评估提供这样一个构架，其定义了六个有关产品质量特性，通过这六个特性可以判断一个软件产品是否为高质量产品。

1.1.2 质量管理及其发展

根据ISO 9000 (2000 版) 定义，质量管理是指确立质量方针及实施质量方针的全部职能及工作内容，并对其工作效果进行评价和改进的一系列工作。质量控制是质量管理的一部分，致力于满足质量要求的一系列相关活动^[1]。

质量管理的产生和发展经历了漫长的过程。人类历史上自有商品生产以来，就开始了以商品的成品检验为主的质量管理方法。按照质量管理所依据的手段和

方式，我们可以将质量管理的发展历史大致划分为以下四个阶段^[3]。

1. 传统质量管理阶段

这个阶段从开始出现原始的质量管理方法，一直到 19 世纪末资本主义的工厂逐步取代分散经营的家庭手工业作坊为止。这段时期受家庭生产或手工业作坊式生产经营方式的影响，产品质量主要依靠工人的实际操作经验，靠手摸、眼看等感官估计和简单的度量衡器测量而定。工人既是操作者又是质量检验、质量管理者，且经验就是“标准”。因此，有人又称之为“操作者的质量管理”。这些质量标准基本上还是实践经验的总结。

2. 质量检验阶段

工业革命改变了一切。机器工业生产取代了手工作坊式生产，劳动者集中到一个工厂内共同进行批量生产劳动，于是产生了对正式的企业管理和质量检验管理技术的需要。由于生产规模的扩大以及职能的分解，为了保证产品的正确生产，独立的质量部门承担了质量控制职能。检验工作是这一阶段执行质量职能的主要内容。质量检验所使用的手段是各种各样的检测设备和仪表，它的方式是严格把关，进行百分之百的检验。大多数企业都设置专职的检验部门和人员，有人称它为“检验员的质量管理”。从 20 世纪初到 40 年代，质量管理水平一直处于这个阶段。

这种检验有其弱点。其一，它属于“事后检验”，无法在生产过程中完全起到预防、控制的作用，一经发现废品，就是“既成事实”，一般很难补救；其二，它要求对成品进行百分之百的检验，这样做有时在经济上并不合理（增加检验费用，延误出厂交货期限），有时从技术上考虑也不可能（如破坏性检验），在生产规模扩大和大批量生产的情况下，这个弱点尤为突出。

3. 统计质量控制阶段

从 20 世纪 40 年代初到 50 年代末，以美国休哈特（Shewhart）、戴明（Deming）为代表提出抽样检验的概念，最早把数理统计技术应用到质量管理领域。此时运用数理统计方法，从产品的质量波动中找出规律性，采取措施消除产生波动的异常原因，使生产的各个环节控制在正常状态，从而更经济地生产出质优良的产品。这一阶段的特征是数理统计方法与质量管理的结合。利用数理统计原理，预防产出废品并检验产品质量的方法，由专职检验人员转移给专业的质量控制工程师承担。这标志着将事后检验的观念改变为预测质量事故的发生并事先加以预防的观念。

但是这个阶段过分强调质量控制的统计方法，忽视其组织管理工作，使人们

误认为“质量管理就是统计方法”，而专业的数理统计方法理论比较深奥，因此质量工作成了“质量管理专家的事情”，对质量管理产生了一种“高不可攀、望而生畏”的感觉。这在一定程度上限制了质量管理统计方法的推广普及。

4. 全面质量管理阶段

最早提出全面质量管理概念的是美国通用电气公司质量经理费根堡姆(Feigenbaum)。1961年，他的著作《全面质量管理》出版。该书强调执行质量职能是公司全体人员的责任，应该使企业全体人员都具有质量意识和承担质量的责任。而 Deming、Juran 等美国专家在日本的努力则真正掀起了一场质量革命，使得全面质量管理最先在日本蓬勃发展起来。

20 世纪 80 年代以后，全面质量管理的思想逐步被世界各国所接受，并在运用时各有所长。在日本被称为全公司的质量控制(CWQC)或一贯质量管理(新日本制铁公司)，在加拿大总结制定为四级质量大纲标准(即 CSAZ299)，在英国总结制定为三级质量保证体系标准(即 BS5750)，等。1987 年，国际标准化组织(ISO)又在总结各国全面质量管理经验的基础上，制定了 ISO 9000《质量管理和质量保证》系列标准。现今，全面质量管理思想仍然对企业发挥着巨大的作用。

全面质量管理(TQM)是一种专注于质量并开发组织内的质量文化的管理方法。质量的概念要在全公司范围内提出，组织的目标是总体客户满意度。其目的是要确保组织交付完全满足客户需要的产品或服务。这是一种整体方案，应用于组织内的所有功能和等级。

TQM 吸纳了许多质量运动领域的名人的观念，包括 Deming、Juran 和 Crosby。TQM 遵循这样一种文化和态度，即“交付所承诺的东西”。要求高级经理负责质量管理的实施，所有员工要经过质量管理的培训，并参与质量改进活动。质量改进是持续的。

TQM 有四个主要组成部分，如表 1.2 所示。

表 1.2 全面质量管理

组成部分	说 明
客户焦点	确定内部客户和外部客户，要认识到所有的客户都有这样的期望和权利：其需求每次都得到满足，而且一下就得到满足。在业务的每个方面都必须考虑质量，焦点是要“防火”，而不是“救火”
过 程	以过程和通过问题解答来改进过程为焦点。改进将会减少浪费，消除错误
度量和分析	建立组织内的度量程序，使过程和质量能得到客观和有效的分析
人为因素	在整个组织内发展质量和客户满意度的文化。质量和客户满意度的核心价值要慢慢灌输于组织中。这就需要为雇员进行质量培训、客户满意度培训和持续改进培训

TQM 的实施要关注组织内所有领域，确定改进领域；对特定领域的问题进行评价，搜集并分析数据；然后制订出行动计划，实施行动并对之进行监控；重复这个过程，以获得持续改进。TQM 的实现过程包含这些步骤：①确定改进领域；②问题评价；③数据搜集；④数据分析；⑤行动计划；⑥行动的实施；⑦监控有效性；⑧重复实施。

ISO 9000标准是一种实现 TQM 的结构化方法，它的条款是各项所需操作的指导方针，包括组织为符合 TQM 和ISO 9000标准所需满足的要求。

1.1.3 软件质量控制

软件质量控制可能涉及大量的审查和测试。审查一般是由专家做正式的检查，专家必须对将交付的详细说明进行严格的检查，比如需求文档、设计文档、源代码或测试计划。审查的目标是找出产品中存在的缺陷，并提供正确性的置信水平。审查在获得过程质量中起着关键的作用。

在制造环境的审查与生产循环末期的审查完全不同。实际上，前者并不提供产品质量保证的机制，而是将整批的产品中有缺陷的产品返工，使在制造过程中的早期阶段对质量进行采样，从而使有缺陷产品的返工工作量最小成为大势所趋。

软件测试由“白盒测试”和“黑盒测试”两种测试技术组成，包括单元测试、功能测试、系统测试、性能测试、验收测试。测试很讲究方法，它包括一套综合的测试用例，这些用例可以通过手工或自动方法生成。产品的确认要保证所有已定义的测试都要被实施，对失败和堵塞的测试要进行纠正。在某些情况下，十分全面的实时测试是不可能的，只有仿真测试可行。在这种情况下，需要用仿真环境来近似地模拟实时环境，以确保测试的有效性。

纠正缺陷的成本与生命周期中缺陷探测阶段直接相关。在该阶段探测出来的错误纠正起来是最费成本的，而这阶段没探测出来的缺陷，也就是错误，越到后面的阶段纠正的成本就越高。成本最高的缺陷是由客户找出来的缺陷。这是因为，我们要对客户发现的缺陷进行分析，以确定来源；它可能会影响到需求、设计和实施。此外，需要对客户进行测试和固定发行，而且还有项目管理、配置管理和与客户交流方面的额外开销。

因此，我们希望在软件生命周期中尽可能早地找出软件的缺陷，以使缺陷产品的返工耗费最低。现代软件工程把重点放在缺陷的预防上，并且从实际缺陷中吸取教训。这种方法是从制造环境中继承过来的，包括召开正式的原因分析会议以进行集体讨论，确定问题的起因并制定出防止问题再度出现所必需的纠正措施，然后由一个行动组来实施并追踪这些行动，直到全部完成^[4]。

1.1.4 现代软件质量管理

软件开发生命周期包括需求分析、规范、设计、实施、测试和维护几个阶段，如果在生命周期的后期才发现缺陷并纠正缺陷，将大大增加成本。因此，我们想尽可能早地找出缺陷，最好是在缺陷的产生阶段就把它找出来。这涉及建立一个软件质量的基础设施来帮助在缺陷产生阶段就进行错误探测，或者至少也要在缺陷存在后立即把它找出来。现代软件质量管理常用到的方法和技术简述如下。

1. 软件测试

软件开发过程中有两种比较重要的软件测试：黑盒测试和白盒测试。黑盒测试的目标是验证模块或特征甚至整个完整系统的功能性；白盒测试要检查被测模块的每一条路径，还要定义并实施测试案例，以保证代码和分支覆盖率。测试可能是验证功能正确性的建设性活动，也可能是找出定义功能的产品中的缺陷为目标的破坏性活动。需求得到验证，测试得出缺陷的存在与否。

各种类型的测试一般包括测试案例，测试案例由独立的专家进行评审，以确保它们能够验证软件正确性；还需要进行可用性测试，也就是产品对某些可用性模型来讲要易于使用。SUMI 就是这样一个可用性测试模型，测试是建立在对系统的预计使用率的统计分析基础上，其重点是找出客户在系统的日常操作中最有可能遇到的缺陷。

测试的有效性会受组织内测试过程成熟度的影响。测试是在软件产品工程的能力成熟度模型（CMM）关键过程域中描述的。保存统计表主要是为了判断测试过程的有效性；各种度量值也要保存，比如产品中的缺陷数目在测试阶段所发现的缺陷数目、测试之后判断得出的缺陷数目、各个故障之间的时间间隔等。

2. 软件质量保证

IEEE 对软件质量保证的定义是“提供足够的证据表明软件能够满足规定的技术要求所必不可少的全部有计划、有系统的活动”。软件质量保证部门将可视性融入产品所蕴含的质量以及产品制造过程中。质量保证组可以只由一个人兼任此项工作，也可以是一个质量工程师组成的小组。质量保证组的活动一般包括验证软件正确性的软件测试活动，以及参与软件开发的各个团体的质量审计。

质量组可提高组织内的产品质量，而且它独立于开发组。它对产品质量提供一个独立的评估，其观点不受项目经理和开发部门观点的影响。质量保证组充当顾客代言人的角色，保证在开发过程的每一步都对质量进行仔细的考虑。

质量组要进行各种项目、团体和部门的审计，还要指出过程中的不足和不符合