



软件测试实用指南

林 宁 孟庆余 主编

中国电子技术标准化研究所 编著



311.56
10

清华大学出版社

软件测试实用指南

林 宁 孟庆余 主编

中国电子技术标准化研究所 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书讲述了软件测试的基本理论和技术,以及软件测试的主要发展方向,特别是在软件开发过程中的测试、产品测试、标准符合性测试和互操作性测试等方面有独到之处,不但总结了当前一些软件工程的理论结果,还反映了我国在软件测试方面的技术水平以及实践经验。

本书内容为软件测试的意义、软件测试方法的分类、软件测试技术、软件开发过程中的测试、产品测试、可靠性测试、标准符合性测试、互操作性测试、软件测试环境与工具和软件测试管理等。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

软件测试实用指南/林宁,孟庆余主编;中国电子技术标准化研究所编著. —北京:清华大学出版社, 2004.10

ISBN 7-302-09860-3

I. 软… II. ①林… ②孟… ③中… III. ① 软件-测试-指南 IV. TP311.5-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第112978号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:曾 刚

文稿编辑:余 姬

封面设计:秦 铭

版式设计:冯彩茹

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:13 插页:2 字数:235千字

版 次:2004年10月第1版 2004年10月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-09860-3/TP·6801

印 数:1~3000

定 价:20.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010) 62770175-3103 或 (010) 62795704

编 委 会

主 编：林 宁 孟庆余

编 委（以姓氏笔画为序）：

王立建 王 欣 王宝艾 叶东升 冯 惠

朱三元 刘立英 齐建华 许聚常 陈 壮

吴志刚 李 洁 高 林

序

软件测试已构成软件产业链的重要组成部分，并越来越受到软件业界和广大软件用户的关注。软件测试已不再局限于测试执行的活动，它已渗透到软件生存周期的各个阶段、各项活动之中。随着软件产业的水平分工，即软件业、集成组装业和服务业的逐步形成，软件测试将逐步成为一种颇有前途的职业。为了正确引导、规范测试行为，保证测试结果的正确、权威，中国电子技术标准化研究所组织长期从事软件测试工作的专家、教授编写了《软件测试实用指南》一书。《指南》主要有三个特点：一是理论与实践相结合。任何理论的存在必有其实践的背景。软件测试从重要性来讲，实践经验是第一位的。《指南》从不同的侧面反映了我国在软件测试理论方面的研究成果和实践经验，使之理论和实践均能兼顾和融合；二是创新与继承相结合。软件测试随着软件工程学科的不断发展和推陈出新，《指南》既论述了行之有效的测试方法和技术，也在实践基础上总结并推出新的测试技术和方法，诸如互操作性测试、标准符合性测试等；三是技术与管理相结合。软件测试的实践活动大多需在软件企业中进行，虽然技术十分重要，但是管理也非常重要。《指南》既论述了软件测试技术和方法，也阐述了软件测试管理的内容和方法。在软件测试中，技术与管理的有机结合必然会出效益、出质量。

《指南》的出版，将会有益于读者掌握一门重要的技艺，有益于推动软件测试业的研究、教学、实践的进一步发展，有益于推动我国软件业的发展。

杨吴清

二〇〇四年九月十五日

前 言

当前,我国正处在快速进入信息化社会的过程中,信息化社会的重要特点,就是信息技术应用进入社会和人们生活的各个方面。社会的运转依赖于各个信息化系统以及由各个系统共同组成的信息化平台,而支持此系统运转和提供各种应用功能的灵魂就是人们通称的软件。近年来,我国的软件业在政府以及各级主管部门的高度重视和大力支持下,得到迅速发展。自从2000年6月国务院颁布了“鼓励软件产业和集成电路产业发展的政策”后,可以说迎来了我国软件产业发展的春天。

软件的地位十分重要,在各种应用系统中处于关键位置。就其自身发展和客观要求而言,软件的功能愈来愈强,规模愈来愈大,内部结构也愈来愈复杂。随着软件技术的发展和应用的广泛,软件的质量和软件的生产率难以适应发展需求的问题越来越突出,相应的软件产品测试、评价已提到重要议程。

软件质量的提高,既依赖于软件过程的建立、控制、改进等软件过程工程的一些方法,如CMM, CMM-1, ISO9000, ISO/IEC 15504等,也依赖于软件的测试。当前,软件测试不仅仅体现在测试的执行,而且贯穿在软件生存周期全过程。软件测试已越来越受到软件界和广大的软件用户的关注。没有测试过的软件,软件企业不会放行,软件用户也不会接受,即使通过了CMM-3, 4, 5级认定的软件企业,也不会不执行测试。

软件测试技术一直在进行研究,不少专家创造了一些重要的理论和方法。软件测试技术内容覆盖范围广,一般认为软件测试应包含软件测试的基础理论和基本技术、软件测试的标准和规范、软件测试的环境和工具、软件测试的管理等四方面内容。

本《指南》共分9章。就其技术内容而言可以分为四大部分,第一部分包括:第1、2、3、4、5、7章,介绍测试的理论和基础。其中:第1、2章介绍软件测试的基本概念,发展状况和基本技术;第3章介绍软件在开发过程中用到的测试方法和技术;第4章介绍软件产品的测试方法和技术;第5章介绍软件的可靠性测试的方法和技术;第7章介绍软件的互操作性测试的概念、方法和技术。第二部分包括第6章,介绍有关软件的国家标准及标准的符合性测试的基本技术 and 方法。第三部分包括第8章,介绍软件测试工具。第四部分包括第9章,介绍软件测试管理。

本《指南》编写人员如下:

朱三元	上海计算机软件中心研究员	第 1、2 章
李 洁	北京工程设计研究总院研究员	第 3 章
许聚常	北京软件评测中心高级工程师	第 4 章
孟庆余	北京大学软件工程国家工程研究中心客座研究员	第 5、6 章
王 欣	中国电子技术标准化研究所工程师	第 6 章
叶东升	航天软件测评中心研究员	第 8、9 章

最后由孟庆余研究员统稿和定稿。

《指南》得到了信息产业部科技司副司长韩俊、国家标准管理委员会主任助理宿忠民、信息产业部电子信息产品管理司陈英处长、国家科技部梅建平处长等领导的指导,在此向他们表示衷心的感谢。

《指南》内容深入浅出,适应面广。它既适应于软件工程和测试的有关管理人员和领导,又适应于技术人员;它既可作为培养专门软件测试人员的教材,又适合于作为高等院校计算机专业的本科生及大专生的参考书。

由于软件和软件测试在技术上发展很快,再加上编者水平有限,本《指南》一定存在诸多不足之处,敬请读者批评、指正。

编 者

二〇〇四年二月十日

目 录

第 1 章 软件测试引论	1
1.1 质量和质量认识论	1
1.2 软件产品和其他产品的差异	3
1.3 软件质量	4
1.4 软件测试	9
1.4.1 软件测试的重要性	9
1.4.2 软件测试的目的和原则	10
1.4.3 软件测试过程	12
1.4.4 软件测试与相关的几个概念	13
1.5 软件测试方法分类	14
1.6 软件错误的分级	17
第 2 章 测试技术	18
2.1 软件开发 V 模型	18
2.2 软件评审方法	20
2.3 程序静态检查方法	22
2.3.1 桌前检查 (desk checking)	22
2.3.2 代码评审 (code reading review)	23
2.3.3 走查 (walk-through)	24
2.4 测试用例设计原则	24
2.5 软件测试基本技术	25
2.6 排错	28
2.7 软件测试自动化技术	29
2.7.1 测试工具分类	30
2.7.2 脚本技术	31
2.7.3 测试件结构	32
2.7.4 自动测试的前后处理	33

第 3 章	软件开发过程中的测试	34
3.1	软件结构	34
3.1.1	程序单元	35
3.1.2	模块	36
3.1.3	分系统或分程序	36
3.1.4	系统或程序	36
3.1.5	软部件或构件 (software component)	37
3.2	单元测试	37
3.2.1	单元测试内容	37
3.2.2	进入单元测试的条件	39
3.2.3	单元测试的方法	39
3.2.4	单元测试具体要求	39
3.2.5	单元测试实施步骤	40
3.2.6	单元测试通过准则	41
3.3	集成测试	42
3.3.1	集成测试的内容	42
3.3.2	集成测试适应对象	43
3.3.3	集成测试的进入条件	43
3.3.4	集成测试的方法	43
3.3.5	集成测试的具体要求	47
3.3.6	集成测试的实施步骤	48
3.3.7	集成测试通过准则	48
3.4	系统测试	49
3.4.1	系统测试内容	49
3.4.2	系统测试适用的对象	53
3.4.3	系统测试进入的条件	53
3.4.4	系统测试的具体要求	53
3.4.5	系统测试的方法	54
3.4.6	系统测试实施步骤	55
3.4.7	系统测试通过准则	56
3.5	验收测试和配置审计	56
3.5.1	基本原则	57

3.5.2	验收测试和配置审计内容.....	57
3.5.3	验收测试和配置审计的步骤.....	57
3.6	软件质量评价简介	58
3.6.1	有关概念.....	59
3.6.2	外部和内部质量模型.....	60
第 4 章	产品测试	62
4.1	功能测试	62
4.1.1	测试目的.....	62
4.1.2	测试内容.....	62
4.1.3	测试方法.....	64
4.1.4	测试要求.....	71
4.1.5	测试实施步骤.....	72
4.1.6	测试评审	72
4.1.7	测试文档.....	77
4.2	性能测试	77
4.2.1	测试目的.....	77
4.2.2	测试内容.....	78
4.2.3	测试方法.....	78
4.2.4	测试结果.....	80
4.2.5	测试文档.....	80
4.3	β (Beta) 测试.....	81
4.3.1	测试目的.....	81
4.3.2	测试内容.....	81
4.3.3	测试方法.....	81
4.3.4	测试过程.....	82
4.3.5	测试评审.....	82
4.4	Benchmark (基准) 测试.....	83
4.4.1	测试目的.....	83
4.4.2	测试内容.....	83
4.4.3	测试方法.....	84
4.5	其他测试	88
4.5.1	配置测试.....	89

4.5.2	兼容性测试.....	89
4.5.3	易用性测试.....	89
4.5.4	强度测试.....	90
4.6	测试的可重现性.....	91
4.6.1	测试用例的重用.....	91
4.6.2	分离和再现软件缺陷.....	92
4.6.3	实例.....	93
第 5 章	可靠性测试.....	95
5.1	软件系统的可靠性.....	95
5.1.1	可靠性.....	96
5.1.2	可用性.....	96
5.1.3	易用性.....	97
5.2	软件系统的可靠性测试.....	97
5.2.1	可靠性测试的目的.....	97
5.2.2	可靠性测试的特点.....	98
5.2.3	进行可靠性测试的基本条件.....	99
5.3	软件系统可靠性测试的实施.....	100
5.3.1	制订测试计划.....	100
5.3.2	测试设计.....	101
5.3.3	测试执行.....	102
5.3.4	测试总结.....	104
5.4	可靠性测试的一个例子：“银河”机的可靠性测试.....	105
5.4.1	系统可靠性测试计划.....	105
5.4.2	测试用例的选择.....	107
5.4.3	测试分析报告.....	109
第 6 章	标准符合性测试.....	111
6.1	背景与概念.....	111
6.2	国家软件相关标准.....	112
6.2.1	标准的分类.....	112
6.2.2	软件工程类标准.....	114
6.2.3	中文信息处理标准.....	116

6.3	标准符合性测试	125
6.3.1	关键技术	125
6.3.2	标准符合性测试的工作过程	126
6.3.3	标准符合性测试的管理	128
第 7 章	互操作性测试	131
7.1	软件的互操作性	131
7.1.1	互操作性 (interoperability)	132
7.1.2	网络应用的 3 个阶段	132
7.2	支持互操作的软件体系结构模型	133
7.2.1	CORBA 构件模型	133
7.2.2	EJB 构件模型	134
7.2.3	COM 构件模型	134
7.3	软件互操作性测试	134
7.3.1	软件互操作性测试	134
7.3.2	软件互操作性测试的特点	134
7.3.3	测试内容	136
7.4	软件互操作性的认证	136
7.5	软件互操作性测试实例	137
7.5.1	软件测试实践	138
7.5.2	测试支持软件	138
7.6	小结与建议	139
第 8 章	软件测试环境与工具	140
8.1	软件测试工具的分类	140
8.2	软件静态分析工具	141
8.2.1	分析理解	142
8.2.2	质量度量	142
8.2.3	规则检查	142
8.2.4	特殊检查	144
8.2.5	几个较为典型的静态测试工具	145
8.3	软件动态测试工具	147
8.3.1	测试准备	147

8.3.2	测试执行.....	151
8.3.3	测试评价.....	152
8.3.4	几个较为典型的动态测试工具.....	152
8.4	软件测试管理工具.....	161
8.4.1	软件测试管理工具主要解决的问题.....	161
8.4.2	软件测试管理工具的设计思路.....	161
8.4.3	一个典型的软件测试管理工具: TestDirector.....	168
8.5	对于软件测试工具的一些认识.....	170
第9章	软件测试管理.....	172
9.1	软件测试过程.....	173
9.1.1	软件测试计划.....	174
9.1.2	测试设计.....	176
9.1.3	测试执行.....	177
9.1.4	软件测试总结.....	180
9.1.5	软件测试文档.....	180
9.1.6	测试工作贯穿于软件开发全过程.....	183
9.2	软件测试管理.....	184
9.2.1	测试组织.....	184
9.2.2	测试质量管理.....	187
9.2.3	测试进度与测试资源管理.....	190
9.2.4	测试配置和文档管理.....	192
9.3	测试管理工具.....	193
参考文献		194

第 1 章 软件测试引论

1.1 质量和质量认识论

质量的重要性是显而易见的，客户不可能去购买一个存在质量问题的产品，生产厂商如果生产出存在质量问题的产品就不可能卖出去。因此，有不少人说质量是决定产品存在的价值，质量是企业的生命。那么，什么叫质量呢？

质量这一概念有许多不同的定义，不同的立场，不同的观念，对质量的定义就会不同。抛开这些因素，举例说明。《辞海》和《辞源》中，把质量解释为“产品或工作的优劣程度”。世界著名质量管理专家 Juran 博士，在他的经典著作《质量控制手册》中，把质量定义为“产品在使用时能成功地适合用户目的的程度”。再如，国际标准化组织（ISO）把质量定义为：“反映实体（可单独描述和研究的事物，如活动、过程、产品、组织、体系或人，以及它们各项的任何组合）满足明确和隐含需要能力的特性总和”。那么，人们是如何认识质量的呢？

狭义的质量概念就是产品质量。所谓产品质量好，往往被人们认为生产出最佳产品，即在尽可能充分利用现代生产技术水平的条件下，制造出最好的产品。而且，所谓“好”，常常仅从产品性能着眼。这种概念不能反映质量的全部内容。

广义的质量概念包括产品质量和工作质量两个组成部分，即全面质量。它既要反映客观的要求，又要考虑到设计、制造、销售服务的水平和能力。

在这里，需要对产品作一解释，产品可分为 4 种类别，即硬件、流程性材料、软件和服务。硬件是不连续的具有特定形状的产品，如空调、洗衣机、电视机等；流程性材料是将原料转化为某一预定状态的有形产品，如流体、气体、粒状、块状、线状或板状，其典型的交付方式有桶装、袋装、罐装、瓶装或通过管道；软件是通过支持媒体表达的信息所构成的一种智力创作，软件的形式如概念、信息、程序、规划、记录、计算机程序等，可见此处的软件是泛指，不单指计算机软件；服务是为满足客户的需要，供方和顾客之间在

接触时的活动，以及供方内部活动所产生的结果。因此，产品的提供和使用可构成服务提供的一部分。服务可以与产品的制造和提供相关联。当然，服务亦需投入资源和活动，也是一种价值的增值。

影响质量的因素是什么？其包括 5 大因素：人、材料、设备、方法和环境。显而易见，人的因素第一，有了人的主动性、对质量的深刻认识，就会非常重视质量的各个环节；材料也非常重要，半导体的收音机和集成电路的收音机取材不同，质量也就有天壤之别；设备的先进程度和工作状态的好坏也能够深刻影响产品质量；方法包含内容更广泛，它可以是生产方法、设计方法、管理方法、检验方法，这就是技术因素；环境也非常重要，集成电路的生产就与环境密切相关，如尘埃就能决定集成电路块是否报废。

任何一个机构，都必须确定质量目标，质量目标就是产品和工程质量在一定时间内可达到的水平，产品和工程质量目标的制订需做 3 个方面的调查。

(1) 用户对开发新产品或改进老产品的意见和要求，包括产品性能、可靠性、安全性、价格、使用维修、外观包装和运输储存等。

(2) 生产过程中老产品曾经出现过的问题及新产品开发中可能发生的问题。

(3) 国内外有关的技术与经济情况。

制定质量目标还需考虑成本的增加。任何一个产品或者工程项目，其价格是由销售成本所决定的，销售成本包括生产成本、质量成本和利润。就质量成本而言，包括损失成本、检验成本和预防成本。损失成本是因产品未能达到质量要求而造成的各项损失费用，一般包括内部损失（如报废、返修、降级等）和外部损失（如拒收、索赔、声誉破坏等）；检验成本是用于检验产品质量所需的各项费用；预防成本是用于预防产生不良产品所需的各项费用，如员工培训、质量管理开销、检测设备购置等。

现在人们不仅从技术层面上去思考产品质量，也从质量管理角度去思考产品的质量，ISO 9000、CMM 等都可以看作质量管理所引发的对机构在质量保证方面的考核。所谓质量管理就是为保证和提高产品或工程质量所进行的调查、计划、组织、协调、控制、检查、处理及信息反馈等各项活动的总和。按照国际标准化组织的定义，则包括确定质量方针、目标和职责，并在质量体系中通过例如质量策划、质量控制、质量保证和质量改进，使其实施全部管理职能的所有活动。质量体系是为实施质量管理所需的组织结构、程序、过程和资源；质量策划是确定质量以及采用质量体系要素的目标和要求的活动，包括产品策划、管理和作业策划，以及质量计划的编制和质量改进的准备工作；质量控制是为达到质量要求所采取的作业技术和活动；质量保证是为了提供足够的信任表明实体能满足质量

要求,而在质量体系中实施并根据需要进行证实的全部有计划有系统的活动;质量改进是为向本机构及其顾客提供更多的收益,在整个机构内所采取的旨在提高活动和过程的效益和效率的各种措施。有关这些概念的认识,读者可以参考清华大学出版社于1999年出版的《软件企业ISO 9000 质量体系的建立和认证》一书。

1.2 软件产品和其他产品的差异

1.1 节中所讲的产品包括4种类别,其中的软件还不是单指计算机软件,其范围亦大得多。自从1968年提出软件工程这一概念以来,就希望能够借助传统的工程方法来研发出软件产品。因此,软件产品在某些方面的确相似于其他工程中的有形产品,但毕竟不相同,它们之间存在一些重要的差别。所以,在软件工程中,人们认识到不能够简单地把一般工程中的知识、方法和技术直接应用到软件工程上来。那么软件产品和其他产品有什么不同呢?

(1) 软件是逻辑产品而不是实物产品。可以粗略地说软件不是有形产品,磁盘、集成电路块只是软件的载体。这一事实就意味着费用集中在研制开发上而不在生产上。当然,由于是逻辑产品,软件就不会用坏、磨损、老化,而且可以不断地改进、优化,其可靠性由逻辑确定。开发软件在许多方面更像进行数学证明,可是软件产品的评价却主要决定于它们在问题求解中是否有用,而不是决定于抽象的正确性判定标准。换句话说,开发软件产品时主要使用的是工程标准,而不是数学标准。

(2) 由于软件是逻辑产品,使得它的功能只能依赖于硬件和软件的运行环境,以及人们对它的操作,才能得以体现。没有计算机相关硬件的支持,软件难有实用价值。同样,没有软件支持的计算机硬件,也只是毫无使用价值的机器。软件与硬件的密切相关的程度是一般工程所没有的。

(3) 对软件产品的要求比一般有形产品要复杂。其一,软件产品要完成的多种多样功能,用户难以清晰、准确地表达。凭此一项,软件系统的复杂性可以比得上历史上任何一个工程项目:即使保守估计,一个100万条汇编语句的软件,至少有1万个分功能,其中每一个分功能至少可以用两种不同方式制定。所以,在功能上,软件设计者也得要从 2^{10000} (相当于 10^{3000})种功能组合中进行挑选。其二,对软件产品的要求,如可靠性、易移植性、易使用性等是隐含的,也是难以表达的,而且也缺少度量的具体标准,和有形产品的质量检验的精度相距甚远。其三,软件设计不仅涉及到技术复杂性,也涉及到管理复杂性。

美国 Hetgel 曾讲过，当他负责一个软件研制小组时，认为关键的问题是方法学问题；当他负责 50 人的软件开发项目组时，逐渐理解到除方法学之外，程序文档变得越来越重要了；后来他又领导 200 人的软件开发项目组时，他的认识又有了变化，认识到最关键的问题是管理问题。这是很有代表性的认知过程。即使在今天软件工程已有很大进展的情况下，许多人都不愿意去领导一个庞大的项目组。能像其他工程项目那样进行规模化生产并非易事。

(4) 在软件设计时发生的复杂性，引起的软件特征包括 4 方面。其一，功能的多样性。软件提供的功能比一般工程产品提供的功能更加多种多样，以致用户一时难以掌握。为此，使用软件产品，往往还会伴随一个培训任务，而且软件产品的用户手册还不一定能全面描述其功能。其二，实现的多样性。对软件产品的要求不仅仅包括功能和性能要求，还必须包括在符合功能和性能要求的各种实现中作出选择，更有实现算法上的优化带来的不同，所以实现上的差异会带来使用上的差异。其三，能见度低。要看到软件进度比看到有形产品的进度难得多，这里涉及到如何使用文档（document）表示的概念能见度，这又为软件管理复杂性增加难度。其四，软件结构的合理性差。结构不合理使软件管理复杂性随着软件规模增大而呈指数增长，换句话说，软件规模的增长所引起的管理复杂性成了设计的难题。总之，前两方面属于技术复杂性。后两方面属于管理复杂性。为了控制软件复杂性，人们进行了各种研究，这在一般工程中是前所未有的。

(5) 任何一种工程，在其年轻时代总是人工密集的，而到其成熟时期却成为资金密集的。但是软件工程却有它自己的特点，尽管今后可能有许多活动可以自动化，而软件的资金密集程度终究会比其他工程学科中的资金密集程度高，其中包含更多的人的成分，可以说软件工程是智力密集型。从而，它的知识产权保护就显得极为重要，软件本身会越来越值钱，逐步体现出它应有的价值。

1.3 软件质量

1.2 节讨论了软件产品与其他产品的差异，那么软件产品质量与其他产品的质量有没有区别呢？先来看软件质量的定义：反映软件系统或软件产品满足明确或隐含需求的能力有关的特性总和。其含义有四：其一，能满足给定需要的性质和特性的全体；其二，具有所期望的各种属性的组合程度；其三，顾客和用户觉得能满足其综合期望的程度；其四，确定软件在使用中将满足顾客预期要求的程度。简言之，软件质量是软件一些特性的组合，