中国计算机学会教育专业委员会 推荐
全国高等学校计算机教育研究会 出版
高等学校规划教材

软件工程

（第2版）

杨文龙　古天龙　编著

计算机学科教学计划2001

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

高等学校规划教材

软件工程

（第2版）

杨文龙　古天龙　　编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是1997年出版的高等学校规划教材《软件工程》的修订版。全书共5篇10章，系统地介绍了软件、软件工程与软件工程模式，软件开发方法，质量与质量保证，计划与管理，工具与环境等最新内容。各章附有习题。

读者将从本书中纵览软件工程发展的全貌，了解和掌握软件工程各领域重要的原理、方法、技术、应用和关系，为研究软件工程的理论和从事软件工程实践，以及更深入的学习打下良好的基础。本书适合大学计算(机)学科各子学科(软件工程、计算机科学、计算机工程和信息系统)研究生、本科生、高职高专学生及在职的技术和管理专业人员用作教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

软件工程/杨文龙，古天龙编著. —2版. —北京：电子工业出版社，2004.9
高等学校规划教材
ISBN 7-121-00312-0

Ⅰ.软… Ⅱ.①杨…②古… Ⅲ.软件工程—高等学校—教材 Ⅳ.TP311.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第091656号

策划编辑：童占梅
责任编辑：童占梅
印　　刷：北京大中印刷厂
出版发行：电子工业出版社
　　北京市海淀区万寿路173信箱　邮编100036
经　　销：各地新华书店
开　　本：787×1 092　1/16　印张：31　字数：800千字
印　　次：2004年9月第1次印刷
印　　数：5 000册　定价：36.00元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：(010)68279077。质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

新版说明

由中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会(简称"两会")组织和推荐,自1996年起电子工业出版社出版了基于CC1991教程的15本系列教材。该系列教材受到高校师生和读者的普遍欢迎和肯定,其中有11本入选1996—2000年全国工科电子类专业规划教材。

几年过去了,计算(机)学科又有了很大发展。IEEE-CS/ACM联合计算教程专题组,组织世界各国150多位专家,历时3年多,在美、欧、亚召开了一系列会议,在CC1991的基础上,发布了"Computing Curricula 2001-Computer Science Final Report"(简称CC2001)。专家们认为:随着计算(机)学科技术的迅速发展,使得现有的任何一所学校的计算机专业都很难再像CC1991所提到的那样,能够覆盖计算(机)学科的所有知识领域。所以,需按市场需求将计算(机)学科划分为4个主要分支:计算机科学、计算机工程、软件工程和信息系统,其中计算机科学是各分支的基础,CC2001正是基于计算机科学制定的。我国"两会"追踪CC2001,经过3年多的工作,最后以中国计算机科学与技术教程2002研究组的名义推出了"China Computing Curricula 2002"(简称CCC2002)。CC2001与CC1991比较有以下几个方面的变化:

(1) 将CC1991确定的11个主领域扩展为14个主领域:离散结构、编程基础、算法与复杂性、计算机组织与体系结构、操作系统、网络计算、编程语言、人-机交互、图形学与可视化计算、智能系统、信息管理、职业与社会问题、软件工程、数值与符号计算。对各主领域的名称、核心内容及选学内容都进行了调整和扩充。

(2) 提出了课程的组织结构和实现策略。课程分为3类:入门(基础)课程、核心(必修)课程和附加(选修)课程。入门课程可按编程、算法和硬件优先等多种方式组织,使学生能够接触到计算机系统的设计、构造和应用,为学生提供实用性的技能训练,同时还应提高学生的兴趣和智慧;核心课程的组织可按传统、压缩、系统或网络方法进行,特别强调贯彻CC1991提出的3个过程、12个重复概念、职业与社会的关系等方法论思想;此外,还应设置一些介绍热门或前沿技术的附加课程。

(3) 更加强调学生的专业实践,要求把专业实践放在重要位置,并贯穿于教学的全过程。

这次对系列教材的全面修版,力求反映计算(机)学科发展的最新成就,并力争符合CC2001和CCC2002所提出的要求及高校课程和教学改革的需要。这套教材的对象为研究生、本科生和大专生(通过删减使用)。IT领域的从业人员也可使用。

为了保证编审和出版质量,编委会进行了调整,电子工业出版社成立了编辑出版小组。在原教材工作的基础上,编委会对教材大纲逐一进行了认真讨论和评审,其中一些关键性和难度较大的教材还进行了多次讨论和修改。

限于水平和经验,教材中还会存在缺点和不足,希望读者提出中肯的批评和建议。读者可以通过电子工业出版社华信教育资源网站 http://www.hxedu.com.cn 反馈信息并发表意见,我们在此表示衷心的感谢!

教材编委会

教材编委会

前　言

在经济全球化、网络化和服务化的今天，计算(机)学科、教育、产业和市场都有了很大的发展。

IEEE-CS/ACM 于 2001 年 12 月 15 日在总结 Computing Curricula 1991 的基础上推出了 Computing Curricula 2001，并把软件工程作为计算(机)学科的 4 个子学科中的一个。IEEE 和 CMU/SEI 在计算(机)科学的基础上，拟订出软件工程知识体，以适应计算(机)教育、企业和职业发展的需要。

目前，软件工程更加成熟。软件开发已从面向过程、面向对象发展到基于构件和 Web 服务，软件形式化开发重新提到了合适的位置。软件质量和质量保证已从以检测为重点发展到对开发过程每项活动的每个任务的质量控制，特别是对面向用户的产品设计(源头)的质量控制。国际标准化组织 ISO 为软件工程制定了 ISO/IEC 12207(software life cycle processes)和 ISO/IEC TR 15504(software process assessment)，以及相关部分的子标准近 40 项。软件开发管理已经不是单纯的项目、成本和进度管理，而是发展到对软件开发过程、质量、配置和风险的管理。对开发组织和团队的成员，不仅重视他们的数理和技术功底及编程能力，还强调他们的沟通技能、团队精神和发展潜力。

现在已经有不少公司在实践的基础上总结出一批好的经验。如微软解决方案框架 MSF 和运营框架 MOF、Rational 统一建模过程 RUP、Borland 软件管理战略 ALM，以及 Kent 极限编程 XP 等。

软件工程在国内外已成为一门重要的热门职业，各种教育、培训、认证和注册机构为不同层次的软件技术人员和管理人员进行培训、注册和发放资格证书等。2002 年，我国决定成立 35 所示范性软件学院，培养高层次实用型、复合型和具有国际竞争力的软件技术和管理人才。2004 年，又决定成立 35 所示范性软件职业技术学院，培养软件“蓝领”。

在这样的大背景下，我们从去年年初开始对 1997 年出版的《软件工程》一书进行修版工作。

本书把原书 8 篇 20 章调整为 5 篇 10 章：

第 1 篇　软件、软件工程与软件工程模式

第 1 章　软件和软件工程

第 2 章　软件工程模式

第 2 篇　软件开发方法

第 3 章　结构化开发方法

第 4 章　面向对象开发方法

第 5 章　形式化开发方法

第 3 篇　质量与质量保证

第 6 章　软件质量与质量保证

第 7 章　软件测试

第 8 章　软件维护

第 4 篇　计划与管理

第 9 章　软件开发计划与管理

第 5 篇　工具与环境

第 10 章　软件开发工具与环境

这样，从总体上看重点更加明确。在内容上除第 3 章、第 8 章、第 10 章基本没有改动以外，其他各章全部重写，内容得到了充实。一些重要章节增加了实例介绍。

本书是高校研究生、本科生、高职高专学生和在职专业人员学习软件工程的教材。可以全学，也可以根据读者所学专业和要求的不同，选学其中部分章节。

在本书编写过程中，原书作者姚淑珍与吴芸都因工作繁重，没能参加。但她们都对本书的修版提出了宝贵的意见，姚淑珍教授还对本书进行了最后的评审。

为了加强本书形式化开发部分内容的写作，有幸请到了桂林电子工业学院古天龙教授加盟本书的修版，还请北京大学袁崇义教授对形式化开发方法这一章的内容进行了专门评审，提出了许多好的修改意见。

在确定本书修版大纲的讨论中，编委会的张吉锋教授、龚天富教授、朱家铿教授和袁开榜教授等都提出了宝贵意见。在具体修版过程中，北京航空航天大学麦中凡教授、谭火彬老师和桂林电子工业学院董荣胜副教授，以及北京航空航天大学软件学院的许多老师，包括教育部驻北京航空航天大学全国软件学院院长联席会秘书处负责人李璞处长和武晓乐老师也提出不少好的意见。另外，余慧珠、王春梅、雷珊文和杨松柏等老师还帮助做了许多具体工作，在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于水平和时间的限制，书中肯定会有许多不足之处，请各位读者批评指正，欢迎随时反馈用书信息。

杨文龙

于北京航空航天大学软件学院

2004.3

目　录

第 1 篇　软件、软件工程与软件工程模式

第 2 篇　软件开发方法

第3篇 质量与质量保证

第 4 篇 计划与管理

第 5 篇 工具与环境

第 1 篇　软件、软件工程与软件工程模式

第 1 章　软件和软件工程

1.1　软件

从 1946 年生产出第一台计算机以来，软件已经有了很大的变化和发展。

今天，软件担负着双重角色。它是一个产品，同时它又是产品交付使用的载体。作为一个产品，它交付了由计算机硬件或更广地通过局部硬件访问的计算机网络所体现的计算潜能。不管它是驻留在蜂窝电话中，还是在主机上操作，软件就是一个信息变换器：产生、管理、获取、修改、显示或传送信息，这些信息可以简单为一个单个的位(bit)或复杂为多媒体表示。作为产品交付使用的载体，软件是计算机控制(操作系统)的基础和信息通信(网络)的基础，也是其他程序创建和控制(软件工具和环境)的基础。

软件提供了我们这个时代最重要的产品：信息。软件可以处理个人数据，使这些数据在局部范围内更为有用；它可以管理商业信息以增强竞争力；它提供了通往全球信息网络的通路；它还提供了可以用各种形式获取信息的手段。

计算机软件的角色在经过 50 多年的时间后，已经发生了很大的变化。硬件性能有了极大的提高，计算机体系结构发生了深刻的变化，内存和存储容量的快速增加，以及各种各样的输入和输出选择等，所有这些都促进了更高级的和更为复杂的基于计算机系统的开发。当一个系统开发成功时，这种高级性和复杂性能够产生奇迹般的结果。但是它们也可能给创建更高级和更复杂应用的人们带来更大的问题。

早期单干的程序员，现在已经被一个软件专家的团队所替代，每个专家各自关注要交付一个复杂的应用所需技术的一部分。但是，当创建现代的基于计算机系统的应用时，单干程序员早期所遇到的问题仍然存在：

(1) 为什么要得到最终软件需要那么长时间？

(2) 为什么开发成本如此之高？

(3) 为什么我们不能在把软件交付用户之前就发现所有的错误？

(4) 为什么在软件开发中我们总是难以度量其进展？

这些问题，以及其他没有列出的问题，都表明了人们对软件和软件开发方式的关注。这就是软件工程实践要解决的问题。

1.1.1　软件的含义

随着计算机技术的发展，不同阶段有不同的认识。计算机发展的初期，硬件的设计和生产

是主要问题，那时的所谓软件就是程序，甚至是机器指令程序，它们处于从属的地位。软件的生产方式是个体的手工方式，设计是在一个人的头脑中完成的，程序的质量完全取决于个人的编程技巧。其后，人们认识到在机器上增加软件的功能会使计算机系统的能力大大提高，于是在研制计算机系统时既考虑硬件，又考虑软件，而且开始编制一些大型程序系统。这时的生产方式类似于互助合作的手工方式，所以人们认为软件就是程序加说明书。后来，社会需求对计算机提出了更高的要求，有的大型系统的设计和生产的工作量高达几千人-年，指令数达几百万条或几千万条，如美国研制的宇航飞船的软件系统有 4 000 万条语句。现在，软件在计算机系统中的比重越来越大，而且这种趋势还在增加。所以人们感到传统的软件生产方式已不适应发展的需要，于是提出把工程学的基本原理和方法引进到软件设计和生产中，就像生产机械产品一样，软件生产也被分成几个阶段，每个阶段都有严格的管理和质量检验，科学家们研制了软件设计和生产的方法和工具，并在设计和生产过程中用书面文件作为共同遵循的依据。这时软件的含义就成了文档加程序。文档是软件的“质”的部分，程序则是文档代码化的表现形式。

现在，软件的正确含义应该是：

(1) 当运行时，能够提供所要求功能和性能的指令(instruction) 或计算机程序(program)集合。

(2) 该程序能够满意地处理信息的数据结构(data structures)。

(3) 描述程序功能需求以及程序如何操作和使用所要求的文档(documents)。

1.1.2 软件的特点

为了深入理解软件工程，探讨软件的特点是非常重要的。

软件是一个逻辑部件，而不是一个物理部件。所以，软件具有与硬件不同的特点。

1. 表现形式不同

硬件有形、有色、有味，看得见、摸得着、闻得到。而软件无形、无色、无味，看不见、摸不着、闻不到。软件大多存在于人们的头脑里或纸面上，它的正确与否，是好是坏，一直要到程序在机器上运行才能知道。这就给设计、生产和管理带来许多困难。

2. 生产方式不同

软件是开发，是人的智力的高度发挥，不是传统意义上的硬件制造。

尽管软件开发与硬件制造之间有许多共同点，但这两种活动是根本不同的。在两种活动中，通过好的设计能够得到好的质量，但硬件制造阶段可能引入的质量问题在软件开发中却不会出现，反之亦然。这两种活动都依靠人，但人的作用和工作专长之间的关系是完全不同的。因为软件是逻辑产品，如几个人共同完成一个软件项目时，人与人之间就有一个思想交流问题，称之为通信关系。通信是要付出代价的，不只是要花费时间，同时由于通信中的疏忽常常会使错误增加。人虽然是最聪明的，但人也是最容易犯错误的。

另外，大多数软件是定制的，而硬件所需的零部件大多可以在市场上直接买到。

3. 要求不同

硬件产品允许有误差，如加工一根轴，其外径精度要求为 $\phi 50 \pm 0.1$。生产时，只要达到规定的精度要求就算合格。而软件产品却不允许有误差，要 1 就是 1。如美国金星探测器水手 1

号，导航程序的一个语句的语法正确，但语义错了，结果飞行偏离航线，终于导致试验的失败。又如，阿波罗宇宙飞船飞行控制软件，由于粗心把一个逗号写成了一个句号，又没有能检查出来，几乎造成悲剧性的后果。这就给软件开发和维护，以及它的质量保证体系提出了很高的要求。

4. 维护不同

硬件是会用旧用坏的，这是因为硬件在使用过程中，由于受到环境的影响，如灰尘、温度和湿度变化、空气污染、震动和应力变换等因素而使产品产生腐蚀、磨损或疲劳，使硬件故障率增加，甚至损坏，以致不能使用。解决的办法是换上一个相同的备件就可以了。而软件不受那些引起硬件损坏的环境因素的影响。因此，在理论上，软件不会用旧用坏。但实际上，软件也会变旧变坏。因为在软件的整个生存期中，一直处于改变(维护)状态。而随着某些缺陷的改变，很可能引入一些新的缺陷，因而使软件的故障率增加，品质变坏。硬件某一部分变坏，可以使用备用件，而软件则不存在这种备用件，因为软件中任何缺陷都会在机器上导致同样的错误。所以，软件维护要比硬件复杂得多。

1.1.3 软件的种类

软件多种多样，随着软件复杂程度的增加，软件的界限越来越不明显。按软件的作用，一般可以分为以下几类。

1. 系统软件

系统软件(system software)是服务于其他程序的程序集，一般由计算机生产厂家配置，如操作系统、汇编程序、编译程序、数据库管理系统及计算机通信与网络软件等。没有这些软件，计算机将难以发挥其功能，甚至无法工作。不管哪一种系统软件，都具有与计算机硬件来往频繁、多个用户使用、并发操作、资源共享、完善的过程管理、复杂的数据结构和多种外部接口等特点。

2. 应用软件

应用软件(application software) 则是在系统软件的基础上，为解决特定的领域应用而开发的软件。按其性质不同可以分以下几类：

(1) 事务软件

事务信息处理是一个最大的软件应用领域。如工资单、收/支计算、存货盘点报表等。这些独立的系统可以组成管理信息系统(MIS) 软件，它从一个或多个装有事务信息的数据库中存取数据。在这个领域中的应用是重新建立已有的数据，便于事务操作或做出管理决策。另外，除了传统的数据处理应用，事务软件还可以实现交互计算(如营业点的交易处理)。

(2) 实时软件

监视、分析和控制正在发生的真实世界事件的软件叫做实时软件。实时软件的元素包括一个从外部环境搜集，并将它们格式化的数据聚集构件；一个按应用需要变换信息的分析构件；一个对外部环境做出响应的控制/输出构件；一个能够协调所有其他构件，并保证实时(一般的范围从 1 毫秒到 1 分钟)的构件。实时(real-time)的概念与交互(interactive)或分时(time-sharing)是不同的，一个实时系统必须在严格的时间限制内做出响应，而一个交互(或分时)系统的响应时间，如果不发生灾难性的后果，一般是可以延后的。