新世纪网络课程教材

软件工程
——理论与实践

许家珆　曾　翎　彭德中　编著

高等教育出版社
http: // www.hep.com.cn
http: // www.hep.edu.cn

新世纪网络课程教材

软件工程

——理论与实践

许家珆　曾　翎　彭德中　编著

高等教育出版社

内容提要

"软件工程"是一门指导计算机软件开发和维护的工程学科，近年来随着我国信息化建设的开展，软件工程取得了前所未有的飞速发展。

本书作为教育部新世纪网络课程建设工程的子课题"软件工程网络课程"配套教材，是在吸取了国内外有关教材的精华，并结合编者多年来进行软件工程的教学及软件开发实践经验，体会的基础上编写的。

内容注重科学性、先进性，强调实践性，提供了丰富的软件开发实例和素材，反映了软件工程的最新发展技术。全书共分 11 章，前 10 章系统地介绍了传统的软件工程方法，面向对象的软件工程方法，基于构件的软件工程方法以及软件测试，软件工程管理等的基本概念、方法和技术；第 11 章提供了一个综合性的设计型实验"软件工程课程设计"，给出了多个采用面向对象的方法开发的软件实例，还介绍了面向对象的软件开发工具 Rational Rose。

本书可作为高等院校"软件工程"课程的教材或教学参考书，也可供广大工程技术人员和科研人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

软件工程：理论与实践 / 许家珆，曾翎，彭德中编著.
—北京：高等教育出版社，2004.7
ISBN 7-04-014147-7

Ⅰ.软… Ⅱ.①许…②曾…③彭… 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 052415 号

策划编辑 董建波　**责任编辑** 刘　英　**封面设计** 刘晓翔　**责任印制** 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	**购书热线**	010 - 64054588
社　　址	北京市西城区德外大街 4 号	**免费咨询**	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	**网　　址**	http://www.hep.edu.cn
总　　机	010 - 82028899		http://www.hep.com.cn
经　　销	新华书店北京发行所		
印　　刷	涿州市星河印刷有限公司		
开　　本	787×1092　1/16	**版　　次**	2004 年 7 月第 1 版
印　　张	19.75	**印　　次**	2004 年 7 月第 1 次印刷
字　　数	400 000	**定　　价**	25.90 元（含光盘）

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

前　言

“软件工程”是一门指导计算机软件系统开发和维护的工程学科，是一门新兴的边缘学科。

自1968年在著名的NATO会议上为解决“软件危机”而提出“软件工程”这个概念以来，在不到40年的时间里，软件工程在理论和实践两个方面都取得了长足的进步，取得了大量研究成果。软件工程的应用水平已成为促进软件产业健康发展的关键。

软件是信息化的核心，软件产业是增长最快的朝阳产业，是高投入、高产出、无污染、低能耗的绿色产业。软件产业关系到国家经济发展和文化安全，体现了国家的综合实力，是决定21世纪国际竞争地位的战略性产业。

随着计算机的日益普及和广泛应用，软件系统的规模和复杂度与日俱增，软件技术面临着新的挑战。大型复杂软件的开发是一项特殊的工程，不仅与传统工程一样，需要按照工程化的方法去组织管理软件的开发，而且软件开发更具有特殊性和复杂性。

我国在加入WTO以来，各行各业加速了信息化建设的步伐，也促进了软件工程的飞速发展。为了不断提高软件开发的质量和水平，必须学习、掌握和应用软件工程的基本理论和技术，了解软件经济学，提高软件产业的管理水平，才能使我国的软件产业在国际竞争中占领一席之地。

软件工程是一门实践性很强的课程，只有通过软件开发的实践才能真正掌握和应用软件工程的理论知识。特别注重实践性也是本书的一大特色。全书共分11章，系统介绍了软件工程的基本内容、开发及管理技术，同时重点介绍了软件工程的最新发展技术，如面向对象的方法(OO)、统一建模语言(UML)、软件成熟度模型(CMM)等。在第11章“软件工程课程设计”中，提供了一个综合性的设计型实验——“软件工程课程设计”，并提供了3个软件开发的典型案例。读者在学习软件工程课程的同时，选择完成一个适当的项目或课题，以软件工程课程设计的实践来促进软件工程理论的学习。本教材还介绍了面向对象的软件开发工具Rational Rose。作者开发的“软件工程网络课程”(已由高等教育出版社出版)提供了软件开发过程的指导和丰富的教学资源。

所附光盘包括两部分内容：第一部分是电子教案，第二部分是教材中所有习题的习题解答。

软件工程是一门处于前沿地位的重要学科，在迅速不断地发展。我们希望读者通过本书的学习，能将理论知识应用于软件开发的实践中，并在实践中不断创新。

本书由黄迪明教授主审，许家珆教授主编。第1～5章、第11章由许家珆教授编写，第8

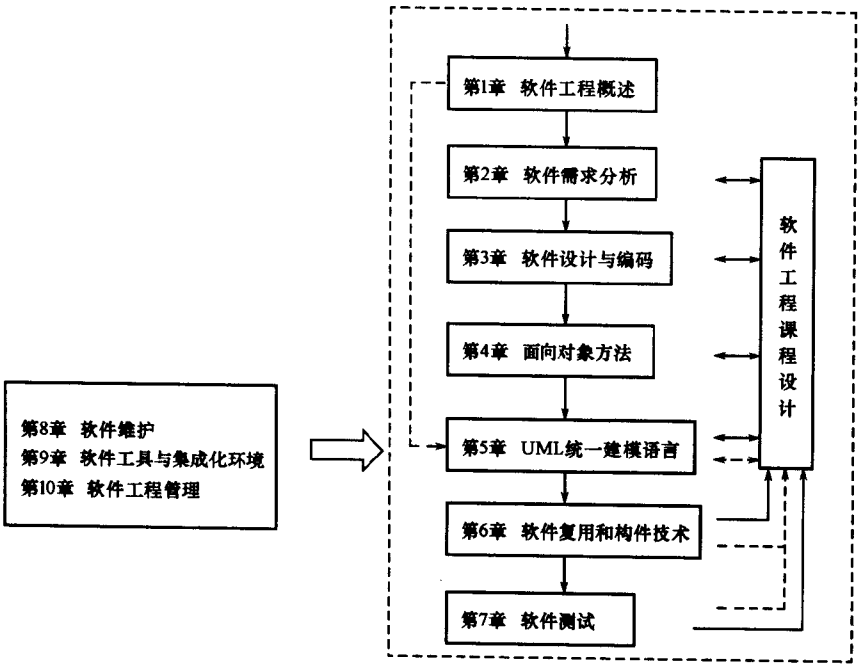
章、第10章由曾翎博士编写；第6章、第9章由彭德中博士编写，第7章由侯晶硕士编写。同时还要感谢白忠建老师、刘智、杨臣、陈昌波及吴知硕士为本书提供了大量宝贵的素材，程永新、陈科硕士对本书进行了仔细的校对。

由于作者水平有限，书中疏漏、欠妥、谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者于电子科技大学

2004年5月

软件工程课程学习指导



建议学习路径：

1. 学习完第1、2章后，即可开始第11章“软件工程课程设计”，课程设计与基本教学内容同步进行。实线箭头表示学习顺序，双向箭头表示执行过程的交迭，即在进行课程设计时，可随时返回基本教学内容的学习。

2. 如果对传统的软件工程方法已有一定了解，并拟用面向对象的方法进行软件开发，建议按照虚线箭头的方向执行；即在学习第1章后，学习第5、6章，并开始课程设计。

3. 第8、9、10章的内容可自行安排选学。

目　录

第1章 软件工程概述

1.1 软件工程的产生和发展

软件工程是在克服20世纪60年代末出现“软件危机”(Software Crisis)的过程中逐渐形成和发展的。自1968年在北大西洋公约组织(NATO)举行软件可靠性的学术会议上正式提出Software Engineering(软件工程)的概念以来,在不到40年的时间里,软件工程在理论和实践两方面都取得了长足的进步。

软件工程是一门指导计算机软件系统开发和维护的工程学科,是一门新兴的边缘学科,它涉及到计算机科学、工程科学、管理科学、数学等多个学科。软件工程的研究范围广,不仅包括软件系统的开发方法和技术、管理技术,还包括软件工具、环境及软件开发的规范。

软件是信息化的核心,国民经济、国防建设、社会发展及人民生活都离不开软件。软件产业关系到国家经济发展和文化安全,体现了国家综合实力,是决定21世纪国际竞争地位的战略性产业。因此大力推广应用软件工程的开发技术及管理技术,提高软件工程的应用水平,对促进我国软件产业与国际接轨,推动软件产业的迅速发展起着十分重要的作用。

1.1.1 软件工程的发展过程

软件工程的产生和发展是与软件的发展过程紧密相关的。自从第一台电子计算机诞生以来,就开始了软件的生产,软件工程提出至今,它的发展已经历了四个重要阶段。

1. 第一代软件工程(20世纪60年代末到20世纪70年代)

20世纪60年代末,软件生产主要采用“生产作坊”方式。随着软件需求量、规模及复杂度的迅速增大,生产作坊的方式已不能够适应软件生产的需要,出现了所谓“软件危机”,即软件生产效率低,大量质量低劣的软件涌入市场或在开发过程中夭折。由于软件危机的不断扩大,对软件生产已经产生了严重危害。

为了克服软件危机,在著名的NATO软件可靠性会议上第一次提出了“软件工程”这一名词,将软件开发纳入了工程化的轨道,基本形成了软件工程的概念、框架、技术和方法。这一阶段又称为传统的软件工程。

2. 第二代软件工程(20世纪80年代中到20世纪90年代)

20世纪80年代中开始,以Smalltalk为代表的面向对象的程序设计语言相继推出,面向

对象的方法与技术得到发展。从20世纪90年代起,研究的重点从程序设计语言逐渐转移到面向对象的分析与设计,演化为一种完整的软件开发方法和系统的技术体系。20世纪90年代以来,出现了许多面向对象的开发方法的流派,面向对象的方法逐渐成为软件开发的主流。所以这一阶段又称为对象工程。

3. 第三代软件工程

随着规模的不断增大,开发人员也随之增多,开发时间相应持续增长,加之软件是知识密集型的逻辑思维产品,这些都增加了软件工程管理的难度。人们在软件开发的实践过程中认识到:提高软件生产率、保证软件质量的关键是对"软件过程"的控制和管理,提出对软件项目管理的计划、组织、成本估算、质量保证、软件配置管理等技术与策略,逐步形成了软件过程工程。

4. 构件工程

20世纪90年代起,基于构件(Component)的开发方法取得了重要进展,软件系统的开发可通过使用现存的可复用构件组装完成,而无需从头开始构造,从而达到提高效率和质量、降低成本的目的,称之为构件工程。

1.1.2　软件危机

1. 软件危机的产生

"软件危机"的出现是由于软件的规模越来越大,复杂度不断增加,而软件需求量也不断增大,"生产作坊"式的软件开发模式及技术已不能满足软件发展的需要。

软件开发过程是一种高密集度的脑力劳动,需要投入大量的人力、物力和财力。由于软件开发的模式及技术不能适应软件发展的需要,致使大量质量低劣软件产品涌向市场,有的甚至在开发过程中就夭折了。国外在开发一些大型软件系统时,遇到了许多困难,有的系统最终彻底失败了;有的系统则比原计划推迟了好多年,而且费用大大超过了预算;有的系统不能符合用户当初的期望;有的系统则无法进行修改维护。

例如IBM公司的OS/360,约有100万条指令,花费了5000个人—年的劳动,经费达数亿美元,而结果却令人沮丧,错误多达2000个以上,系统根本无法正常运行。OS/360系统的负责人Brooks这样描述开发过程的困难和混乱:"像巨兽在泥潭中做垂死挣扎,挣扎得越猛,泥浆就沾得越多,最后没有一个野兽能够逃脱淹没在泥潭中的命运……"。

1962年6月,美国飞往金星的第一个空间探测器(水手Ⅰ号),因其飞舱中计算机导航程序的一条语句出错,致使空间探测器偏离航线而无法取得成功。

还有,可以称为20世纪世界上最精心设计,并花费了巨额投资的美国阿波罗登月飞行计划的软件,也仍然没有避免出错。例如阿波罗8号由于太空飞船的一个计算机软件错误,造成存储器的一部分信息丢失;阿波罗14号在飞行的10天中,出现了18个软件错误。

2. 软件危机的表现

20世纪60年代末期所发生的软件危机,反映在软件可靠性没有保障、软件维护工作量大、费用不断上升、进度无法预测、成本增长无法控制、程序人员无限度地增加等各个方面,以致形成人们难以控制软件开发的局面。

软件危机主要表现在两个方面:

(1) 软件产品质量低劣,甚至在开发过程中就夭折。

(2) 软件生产率低,不能满足需要。

1.1.3 软件工程的定义

自从1968年提出"软件工程"这个术语以来,对于软件工程就有了各种各样的定义,但是它们的基本思想都是强调在软件开发过程中应用工程化原则的重要性。

例如,Boehm曾经为软件工程下了以下定义:"运用现代科学技术知识实践并构造计算机程序及为开发、运行和维护这些程序所必需的相关文件资料。"

1983年,IEEE(国际电气与电子工程师协会)所下的定义是:软件工程是开发、运行、维护和修复软件的系统方法。

1990年,IEEE又将其定义更改为:对软件开发、运作、维护的系统化的、有规范的、可定量的方法应用,即是对软件的工程化应用。

软件工程有方法、工具和过程三个要素。软件工程方法就是研究软件开发"如何做"的技术;软件工具是研究支撑软件开发方法的工具、软件工具的集成环境如计算机辅助软件工程CASE;软件工程过程则是指将软件工程方法与软件工具相结合,实现合理、及时地进行软件开发的目的。

1.1.4 软件工程研究的内容

软件工程是一门指导软件开发的工程学科,是以计算机理论及其他相关学科的理论为指导,采用工程化的概念、原理、技术和方法进行软件的开发和维护,把经实践证明的科学的管理措施与最先进的技术方法结合起来,以较少的代价获得高质量的软件。

1. 软件工程研究的内容

软件工程涉及的学科多,研究的范围广。归结起来软件工程研究的主要内容有以下4个方面:方法与技术、工具及环境、管理技术、标准与规范。

软件开发方法,主要讨论软件开发的各种方法及其工作模型。包括多方面的任务,如软件系统需求分析、总体设计,以及如何构建良好的软件结构、数据结构及算法设计等,同时讨论具体实现的技术,软件工具为软件工程方法提供了支持,研究计算机辅助软件工程CASE,建立软件工程环境。

软件工程管理,是指对软件工程全过程的控制和管理,包括计划安排、成本估算、项目管

理、软件质量管理。软件工程标准化与规范化，使得各项工作有章可循，以保证软件生产率和软件质量的提高。软件工程标准可分为几个层次：国际标准、行业标准、企业规范和项目规范。

需要强调的是，随着人们对软件系统研究的逐渐深入，软件工程所研究的内容也在不断地发生变化。

2. 软件工程的目标

软件工程研究的目标是以较少的投资获取高质量的软件。即软件的开发要在保证质量和效率的同时，尽量缩短开发期，降低软件成本。软件过程所实现的多目标中，有的是互补的，例如缩短开发期，显然可降低成本，维护是需要代价的，易于维护就可降低总成本。高性能与高可靠性是互补的。而有的目标则是互斥的，例如，要获得高的可靠性，通常要采取一些冗余的措施，往往会增加成本。

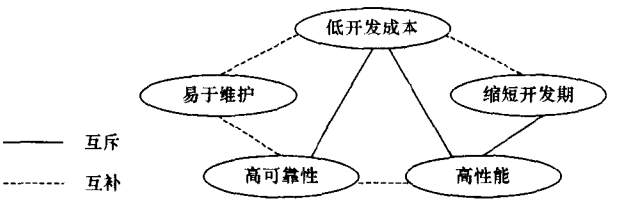


图 1.1　软件工程的目标

为了实现软件工程的多目标，要对软件的各项质量指标进行综合考虑，以实现软件开发的“多、快、好、省”的总目标。软件工程目标如图 1.1 所示。

3. 软件工程的基本原则

过去，软件工程的基本原则是抽象、模块化、清晰的结构、精确的设计规格说明。但今天的认识已经发生了很大的变化。现在提出的软件工程 4 条基本原则是：

（1）必须认识软件需求的变动性，采取适当措施来保证结果产品能忠实地满足用户要求。在软件设计中，通常要考虑模块化、抽象与信息隐蔽、局部化、一致性等原则。

（2）稳妥的设计方法大大地方便了软件开发，以达到软件工程的目标。软件工具与环境对软件设计的支持来说，颇为重要。

（3）软件工程项目的质量与经济开销直接取决于对它所提供的支撑的质量与效用。

（4）有效的软件工程只有在对软件过程进行有效管理的情况下才能实现。

近年来，印度的软件产业迅速发展，其成功的经验是，严格按照国际规范进行科学管理。在本教材中，虽然主要讨论软件开发技术，只在第 10 章讨论软件管理技术，但软件管理仍然是软件开发成功的关键，因此，将介绍当前质量管理的国际规范软件成熟度模型 CMM。

1.2　软件与软件生存期

“软件工程”是指在软件生产中采用工程化的方法，采用一系列科学的、现代化的方法技术来开发软件。这种工程化的思想贯穿到软件开发和维护的全过程。

为了进一步学习有关软件工程的方法、技术，首先介绍软件、软件生存期及软件工程过程这几个重要的概念。

1.2.1 软件的概念和特点

1. 软件

“软件就是程序，开发软件就是编写程序”是一个错误的观念。这种错误观点的长期存在，影响了软件工程的正常发展。

事实上，正如 Boehm 指出的，软件是程序以及开发、使用和维护程序所需的所有文档。它是由应用程序、系统程序、面向用户的文档及面向开发者的文档 4 部分构成。

即，软件 = 程序 + 文档。

软件具有如下特点：

(1) 软件是一种逻辑实体，不是具体的物理实体。

(2) 软件产品的生产主要是研制。

(3) 软件具有“复杂性”，其开发和运行常受到计算机系统的限制。

(4) 软件成本昂贵，其开发方式目前尚未完全摆脱手工生产方式。

(5) 软件不存在磨损和老化问题，但存在退化问题。

图 1.2 给出了硬件的失效率曲线，它是一个 U 型曲线(即浴盆曲线)，说明硬件随着使用时间的增加失效率急剧上升。

图 1.3 所描述的软件失效率曲线，它没有 U 型曲线的右半翼，表明软件随着使用时间的增加失效率降低，因为软件不存在磨损和老化问题，然而存在退化问题。

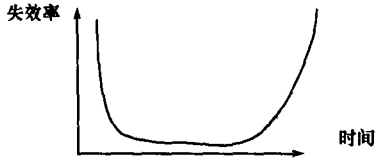


图 1.2 硬件失效率曲线

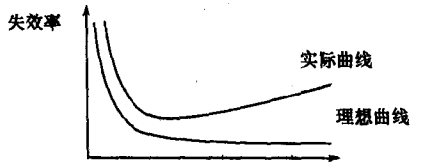


图 1.3 软件失效率曲线

2. 软件的分类

(1) 按照软件功能划分

① 系统软件：如操作系统、设备驱动程序等。

② 支撑软件(实用软件)：协助用户开发的工具软件，如编辑程序、程序库、图形软件包等。

③ 应用软件：如工程与科学计算软件、CAD/CAM 软件、CAI 软件、信息管理系统等。

(2) 按照软件规模划分

如表 1.1 所示，按照软件的不同大小(源代码行)、参加人数、研制时间分为微型、小型、

中型、大型、甚大型和极大型。需要说明的是，随着软件产品规模的不断增大，类别的指标也会发生变化。

表1.1　软件规模分类

类　别	参加人数	研制期限	产品规模(源代码行)
微　型	1	1~4周	500行
小　型	1	1~6月	1000~2000行
中　型	2~5	1~2年	5000~50 000行
大　型	5~20	2~3年	5000~500 000行
甚大型	100~1000	4~5年	1 000 000行
极大型	2000~5000	5~10年	1 000 000~10 000 000行

(3) 按照软件工作方式划分

可以分为实时处理软件、交互式软件、批处理软件。

(4) 按照软件服务对象的范围划分

① 项目软件：由客户委托开发的软件。

② 产品软件：由软件开发机构开发，提供给市场的。

此外，还可以按照软件使用的频率及按照软件失效的影响进行划分。

1.2.2　软件工程过程

软件工程过程(Software Engineering Process)是指在软件工具的支持下，所进行的一系列软件工程活动。通常包括以下4类基本过程：

(1) 软件规格说明：规定软件的功能及其运行环境。

(2) 软件开发：产生满足规格说明的软件。

(3) 软件确认：确认软件能够完成客户提出的要求。

(4) 软件演进：为满足客户的变更要求，软件必须在使用的过程中演进。

软件工程过程具有可理解性、可见性(过程的进展和结果可见)、可靠性、可支持性(易于使用CASE工具支持)、可维护性、可接受性(为软件工程师接受)、开发效率和健壮性(抵御外部意外错误的能力)等特性。

1.2.3　软件生存期

软件生存期(Life Cycle)是指一个从用户需求开始，经过开发、交付使用，在使用中不断地增补修订，直至软件报废的全过程，也称软件生命周期(SDLD)。

GB 8567中规定，软件生命周期分为7个阶段，下面分别进行介绍。

1. 可行性研究和项目开发计划

可行性研究和项目开发计划阶段必须要回答的问题是“要解决的问题是什么”。

2. 需求分析

需求分析阶段的任务不是具体地解决问题，而是准确地确定“软件系统必须做什么”，确定软件系统必须具备哪些功能。

3. 概要设计

概要设计就是设计软件的结构，包括组成模块，模块的层次结构，模块的调用关系是，每个模块的功能等等。同时还要设计该项目的应用系统的总体数据结构和数据库结构，即应用系统要存储什么数据，这些数据是什么样的结构，它们之间有什么关系等。

4. 详细设计

详细设计阶段就是为每个模块完成的功能进行具体描述，要把功能描述变为精确的、结构化的过程描述。

5. 编码

编码阶段就是把每个模块的控制结构转换成计算机可接受的程序代码，即写成以某特定程序设计语言表示的“源程序清单”。

6. 测试

测试是保证软件质量的重要手段，其主要方式是在设计测试用例的基础上检验软件的各个组成部分。测试分为模块测试、组装测试和确认测试。

7. 维护

软件维护是软件生存期中时间最长的阶段。已交付的软件投入正式使用后，便进入软件维护阶段，它可以持续几年甚至几十年。

在大部分文献中将生存周期划分为五个阶段，即要求定义、设计、编码、测试及维护。其中要求定义阶段包括可行性研究、项目开发计划和需求分析，设计阶段包括概要设计和详细设计。

为了描述软件生存期的活动，提出了多种生存期模型。例如，瀑布模型、循环模型、演化模型和螺旋模型等。

1.3 软件生存期模型

软件生存期模型是描述软件开发过程中各种活动如何执行的模型。它确立了软件开发和演绎中各阶段的次序限制以及各阶段活动的准则，确立开发过程所遵守的规定和限制，便于各种活动的协调以及各种人员的有效通信，有利于活动重用和活动管理。

目前有许多种软件生存期模型，如瀑布模型、增量模型、螺旋模型、喷泉模型、变换模型和基于知识的模型等。