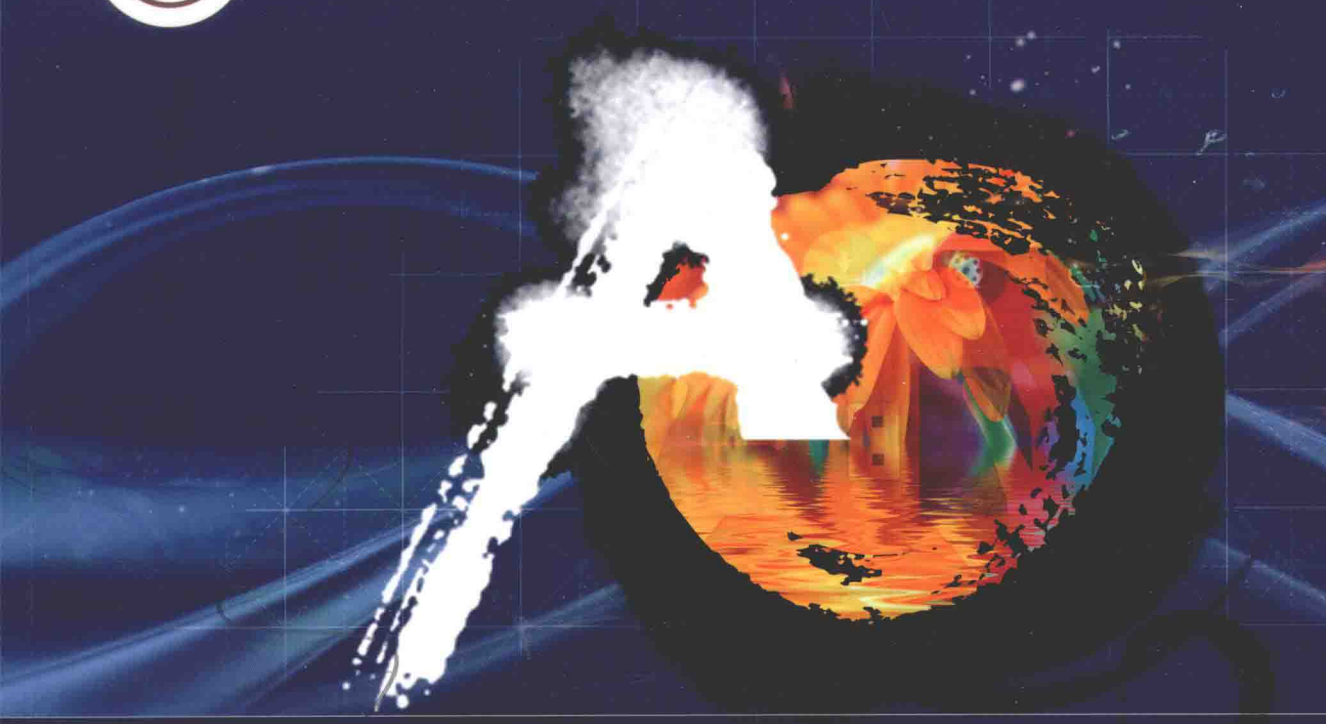




“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



高等学校规划教材

实用软件工程

(第4版)

◎ 赵池龙 程努华 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

“十二五”普通高等教育
高等学校规划教材

实用软件工程

(第4版)

赵池龙 程努华 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是一本具有自主创新版权的大学教材,是作者多年在IT企业软件工程管理以及在高校软件工程教学经验的积累、反思与升华,是国内软件工程教材中的经典著作。

本书面向工程实践,按照IT企业工作流程安排章节顺序,共11章,内容包括软件工程的内容与方法、软件生命周期与开发模型、软件立项与合同、软件需求分析、软件策划、软件建模、软件设计、软件实现、软件测试、软件实施与维护、软件管理。书中系统地提出“软件工程方法论”与“软件工程实践论”,详述功能模型、业务模型和数据模型的“三个模型”建模思想,数据模型设计中的“四个原子化”理论,以及面向过程、面向对象和面向元数据的需求分析、概要设计和详细设计方法。

本书适合于各类理工科大学计算机相关专业的软件工程课程,也适合供IT企业的软件工程师自学之用。作为大学教材,教学内容应涵盖全部章节(非重点院校可省略标注星号“*”的章节),教学计划的4学分72学时。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

实用软件工程 / 赵池龙, 程努华编著. —4 版. —北京: 电子工业出版社, 2015.7

ISBN 978-7-121-26037-7

I. ①实… II. ①赵… ②程… III. ①软件工程 IV. ①TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 097802 号

策划编辑: 袁 玺

责任编辑: 郝黎明 特约编辑: 张燕虹

印 刷: 北京京科印刷有限公司

装 订: 北京京科印刷有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14.75 字数: 377 千字

版 次: 2003 年 3 月第 1 版

2015 年 7 月第 4 版

印 次: 2015 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

软件工程是研究软件开发和软件管理的一门工程科学，是计算机应用及软件工程相关专业的主干课，也是软件分析设计人员、程序开发人员、软件测试人员、软件管理人员、软件售前和售后工程师、软件高层决策者必不可少的专门知识领域。本书是一本具有自主创新版权的大学教材，是作者多年在 IT 企业软件工程管理以及在高校软件工程教学经验的积累、反思与升华，它按照 IT 企业软件研发思路的工作流程，面向工程实践安排了书中的章节次序，采用大量工程应用案例和图表，用 IT 企业生产软件和管理软件的模式，构架了软件工程和软件项目管理的新体系。本书第 1 版、第 2 版和第 3 版，分别出版于 2003 年、2006 年和 2011 年，由于其独特、新颖、实用的内容和实践体系而受到众多高校师生的欢迎，并入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

在进入“十三五”规划之际，教育部已开始实施“卓越工程师”计划，为高等工程教育带来了新的活力。一方面，目前的高校教育改革更加注重学生素质和能力的培养，更加注重工程应用和创新，更加注重实践课程和课程设计，专业课程学时也有不同程度的压缩。另一方面，目前我国高校理工科大学有研究型、工程型、应用型三种类型，其比例分别为 5%、15% 和 80%，对高校人才进行分类培养是大势所趋。为此，本次第 4 版教材的修订，明确定位面向工程型和应用型高校，对内容进行了精心提炼和修改，去掉了不少陈旧内容，增加了许多新思想、新方法、新技术和新工具的内容。与第 3 版相比，第 4 版除了增加了“软件实现”一章之外，还对其他各章进行了更新，使其更具科学性、先进性、工程性、实用性，更贴近高校师生的实际需求，更能体现软件企业目前的真实应用。

本书内容及特色

全书共 11 章，适合于课堂教学。

第 1 章是软件工程的内容与方法，用简练的笔触介绍了软件、软件工程、软件工程学科体系、软件工程方法论、软件工程实践论和软件开发标准、企业文化等内容。

第 2 章是软件生命周期与开发模型，用形象的语言阐述了瀑布模型、增量模型、原型模型、迭代模型、螺旋模型、喷泉模型、XP 模型的本意、特点、选择条件，并且论述了各种模型之间的联系与区别。

第 3 章是软件立项与合同，说明软件项目或软件产品的源头是立项或签订合同，介绍立项和签订合同的方法，以及项目招标、投标概念，并且给出实用的《投标书》编写参考指南。

第 4 章是软件需求分析，结合“图书馆信息系统”应用案例分析，论述了面向流程的需求分析任务和需求分析技巧，以及“面向过程、面向元数据、面向对象”三种需求分析方法，还阐述了这三种方法的三种不同描述工具。

第 5 章是软件策划，论述软件策划方法，重点介绍软件项目工作量和开发费用的各种估计方法。

第 6 章是软件建模，提出“功能模型、业务模型、数据模型”三个模型的建模思想，以

及这“三个模型”的描述方式与UML“用例图、时序图和类图”等图之间的关系，并且分析了“混凝土公司信息系统”典型应用案例。另外，还提出了数据模型设计中的“四个原子化”理论，以及“第三者插足”模式与“列变行”模式的具体实现方法。最后还给出了“某省级新华书店信息管理系统”综合应用建模案例分析。

第7章是软件设计，通过图、表、实例介绍了软件设计原理，讨论了“功能模型、业务模型、数据模型”的建模思想，与“浏览层、业务逻辑层、数据层”B/S三层结构设计思想之间的对应关系，详细论述“面向过程、面向元数据、面向对象”三种设计方法，特别是提出了面向对象设计的具体实施步骤。

第8章是软件实现，包括软件实现方法、软件编码技术和软件实现管理三部分内容。本章还提出了面向中央处理器CPU和面向图形处理器GPU两种编程方式。

第9章是软件测试，介绍软件测试V模型，详述软件测试中常用的黑盒测试、白盒测试和灰盒测试技术，以及单元测试、集成测试、压力测试、回归测试、Alpha测试、Beta测试，特别是详述了测试用例的设计方法。

第10章是软件实施与维护，阐述了软件实施的主要工作是实现软件产品的客户化，以及软件维护的最新方法。

第11章是软件管理，论述软件管理是面向过程的，管理的主要模型是CMMI，管理的中心议题是软件配置管理、软件质量保证和软件项目管理。软件配置管理是基础，软件质量保证是核心，软件项目管理是关键。

本书内容上耳目一新，理论上深入浅出，实践上通俗易懂，它巧妙地将面向过程、面向对象和面向元数据三种方法的需求分析、概要设计和详细设计融为一体，堪称软件工程教材的经典范例。

教学安排建议及教学服务

建议先修课程：数据结构、面向对象程序设计和数据库原理与应用等。

本书适合于各类理工科大学计算机相关专业各类学生的软件工程课程，也适合供IT企业的软件工程师自学之用。作为大学教材，教学内容应涵盖全部章节（非重点院校可省略标注星号“*”的章节），建议教学计划是4学分72学时。

其他教学服务：本书电子课件、习题参考答案、软件文档模板、实践课程三个项目程序源代码等可登录华信教育资源网<http://www.hxedu.com.cn>免费注册下载。

在本书第2~4版的成书过程中，有众多同行参加了编写，他们分别是杨林、孙玮、张松、姜义平、王希、蔡勇，在此一并对他们表示衷心的感谢！

从实用软件工程的角度看，本书已包含应介绍的所有内容。但是，由于软件工程作为工程学科正处在发展与变化之中，加之作者的技术和写作水平有限，书中难免存在这样或那样的不足、不妥或错误之处，真诚希望得到有关专家和读者的指正与帮助，反馈意见请发至作者的电子邮箱：zhaochilong@sina.com / 393940291@qq.com。

赵池龙 程努华

目 录

第 1 章 软件工程的内容与方法	1	2.9 各种模型之间的关系	42
1.1 软件的定义	2	2.10 本章小结	44
1.2 软件工程的定义	4	习题 2	45
1.3 软件工程在软件行业中的作用	8	第 3 章 软件立项与合同	46
1.4 软件工程方法论	10	3.1 软件立项方法与文档	47
1.4.1 软件工程方法论的提出	10	3.2 签订合同的方法与文档	47
1.4.2 面向过程方法	11	3.3 软件招标与投标	48
1.4.3 面向对象方法	12	3.4 下达任务的方法与文档	49
1.4.4 面向元数据方法	13	3.5 本章小结	53
*1.4.5 形式化方法	14	习题 3	53
*1.4.6 面向业务基础平台的方法	18	第 4 章 软件需求分析	54
1.4.7 软件工程方法论小结	20	4.1 需求分析的基本概念	55
1.5 软件工程实践论	21	4.2 需求分析的任务	58
1.5.1 软件工程实践论的提出	21	4.3 需求分析的方法	63
1.5.2 面向流程分析	22	4.4 需求描述工具	68
1.5.3 面向元数据设计	22	4.4.1 描述工具概述	68
1.5.4 面向对象实现	22	4.4.2 面向元数据的需求描述工具	68
1.5.5 面向功能测试	23	4.4.3 面向过程的需求描述工具	69
1.5.6 面向过程管理	23	4.4.4 面向对象的需求描述工具	72
1.5.7 软件工程实践论小结	23	4.5 需求过程管理	77
1.6 软件支持过程	24	4.6 需求分析文档	79
1.7 软件管理过程	25	4.7 本章小结	81
1.8 实例分析——某港口信息系统 建设案例	26	习题 4	82
1.9 本章小结	28	第 5 章 软件策划	83
习题 1	28	5.1 软件策划概论	84
第 2 章 软件生命周期与开发模型	29	5.2 软件规模估计方法	87
2.1 软件生命周期模型概论	30	5.3 软件费用与资源估计方法	89
2.2 瀑布模型	31	5.4 软件策划文档	90
2.3 增量模型	33	5.5 本章小结	91
2.4 原型模型	34	习题 5	91
2.5 迭代模型	36	第 6 章 软件建模	92
2.6 螺旋模型	39	6.1 三个模型的建模思想	93
2.7 喷泉模型	41	6.2 数据模型设计概论	96
2.8 XP 模型	41	6.3 数据库设计的理论与方法	100

6.4 数据模型建模实例分析—— “混凝土公司信息管理系统” 建模案例.....	106	9.5 灰盒测试方法.....	178
6.5 三个模型建模实例分析—— “某省级新华书店信息 管理系统”建模案例.....	109	9.6 测试过程与测试文档.....	178
6.6 三个模型建模思想总结.....	114	9.7 本章小结.....	182
6.7 本章小结.....	115	习题9.....	182
习题6.....	116	第10章 软件实施与维护	184
第7章 软件设计	117	10.1 软件产品的分类.....	185
7.1 软件设计概论.....	118	10.2 软件产品的发布.....	186
7.2 软件设计原理.....	120	10.3 软件产品的实施.....	188
7.3 面向过程设计.....	124	10.4 软件维护的传统方法.....	189
7.3.1 面向过程概要设计.....	124	10.5 软件维护的最新方法.....	192
7.3.2 面向过程详细设计.....	127	10.6 软件维护文档.....	194
7.4 面向对象设计.....	130	10.7 本章小结.....	195
7.4.1 面向对象设计描述工具.....	130	习题10.....	196
7.4.2 面向对象设计的步骤.....	138	第11章 软件管理	197
7.5 面向元数据设计.....	140	11.1 软件过程改进模型 CMMI.....	198
7.6 软件设计方法学总结.....	143	11.1.1 CMMI 内容简介.....	198
7.7 软件设计文档.....	144	11.1.2 CMMI 实施思路.....	201
7.8 本章小结.....	145	*11.1.3 成熟度等级2过程域的 解释.....	205
习题7.....	146	*11.2 敏捷文化现象.....	206
第8章 软件实现	147	11.3 软件配置管理.....	208
8.1 软件实现概论.....	148	11.3.1 配置管理的基本概念.....	208
8.2 软件编码技术.....	151	11.3.2 配置管理员的职责.....	211
8.3 软件实现管理.....	155	11.3.3 配置管理工具 VSS 的 工作原理.....	211
8.4 本章小结.....	158	11.4 软件质量保证.....	213
习题8.....	158	11.4.1 软件质量保证基本概念.....	213
第9章 软件测试	159	11.4.2 软件质量保证文档.....	216
9.1 软件测试概论.....	160	11.5 软件项目管理.....	217
9.2 软件测试模型.....	165	11.5.1 项目与项目管理的定义.....	217
9.3 黑盒测试方法.....	167	11.5.2 项目经理的七项职责及 十项工作程序.....	217
9.3.1 等价类划分法.....	168	11.5.3 项目经理对程序员的八项 要求.....	219
9.3.2 边界值分析法.....	169	11.5.4 从大学生到项目经理.....	221
9.3.3 错误推测法.....	170	11.5.5 软件企业人才管理策略.....	222
9.3.4 因果图分析法.....	170	11.5.6 软件企业架构及工作流.....	223
9.3.5 场景分析法.....	171	11.6 本章小结.....	226
9.3.6 黑盒测试用例设计.....	171	习题11.....	227
9.3.7 黑盒测试的优缺点.....	174	参考文献	228
9.4 白盒测试方法.....	174		

第 1 章

软件工程的内容与方法

本章导读

本章首先对软件、软件工程、软件工程学科体系、软件工程课程进行了定义与解释，然后提出“面向过程方法、面向对象方法、面向元数据方法、形式化方法”的软件工程方法论，以及“面向流程分析、面向元数据设计、面向对象实现、面向功能测试、面向过程管理”的“五个面向”软件工程实践论，该方法论与实践论不但适用于信息系统的开发，也适用于其他软件系统的开发。本章最后简要介绍了软件支持过程、软件过程改进、软件企业文化、信息系统的定义与案例分析。因此，本章是软件工程课程的绪论。表 1-1 列出了读者在本章学习中要了解、理解和关注的主要内容。

表 1-1 本章对读者的要求

要 求	具 体 内 容
了 解	(1) 软件与软件危机 (2) 软件工程的定义与作用 (3) 软件工程研究的内容
理 解	(1) 软件工程方法论 (2) 软件工程实践论 (3) CMMI、ISO 9001、微软企业文化、敏捷文化现象
关 注	(1) 软件工程的最新发展 (2) CASE 工具与软件工程环境 (3) 软件业务基础平台 (4) 面向方面方法和面向代理方法

1.1 软件的定义

1. 计算机硬件与软件

计算机（Computer）由硬件（Hardware）和软件（Software）组成，硬件是看得见、摸得着的电子机械设备，如机箱、主板、硬盘、光盘、U 盘、电源、显示器、键盘、鼠标、打印机、电缆等。硬件是软件的载体，软件是依附在硬件上面的程序、数据和文档的集合，是指挥控制计算机系统（包括硬件系统和软件系统）工作的神经中枢。如果将硬件比作人的身体，那么软件就相当于人的神经中枢和知识才能。软件的分类比较复杂。分类方法不同，内容也不同。表 1-2 从 5 个不同角度对软件进行了分类。

表 1-2 软件的分类

序 号	分 类 方 法	软 件 内 容
1	按功能分类	(1) 系统软件（如操作系统） (2) 支撑软件（如数据库管理系统、CASE 工具系统） (3) 应用软件（如信息系统）
2	按规模分类	(1) 小型软件 (2) 中型软件 (3) 大型软件
3	按工作方式分类	(1) 实时软件 (2) 分时软件 (3) 交互式软件 (4) 批处理软件
4	按服务对象分类	(1) 项目软件（为用户定制） (2) 产品软件（面向特定的客户群开发）
5	按销售方式分类	(1) 订单软件（已签订合同） (2) 非订单软件（未签订合同）

计算机工程（Computer Engineering）由硬件工程（Hardware Engineering）和软件工程（Software Engineering）组成。硬件工程是研究硬件生产和硬件管理的工程学科，其内容包括计算机及网络硬件的分析、设计、生产、采购、验收、安装、培训、维护。软件工程是研究软件生产和软件管理的工程学科，其内容包括市场调研、正式立项、需求分析、项目策划、概要设计、详细设计、编程、测试、试运行、产品发布、用户培训、产品复制、实施、系统维护、版本升级。由于软件的生产和管理比硬件复杂，积累的经验不如硬件那么丰富，所以软件工程的研究成为一个长期的热点。

【例 1-1】 请读者根据自身环境，规划、设计、安装一个校园网。这是一个硬件工程，其中要完成的工作内容包括：制订设计方案，网络设备的选型、配置、采购、验货、布线、安装、调试、运行和交付。在安装和调试中，要安装和调试许多软件，如网络操作系统、数据库管理系统、教学软件系统、办公自动化系统、防火墙及杀毒软件等。

由于有这么多的软件需要选型、配置、采购、安装、调试，所以在今天，除了生产硬件的厂商之外，纯粹的“硬件工程”几乎不存在，大多数硬件工程都与软件有关，于是就出现了一个新名词“网络工程”。它是介于硬件工程和软件工程之间的系统工程，人们有时也称它为“系统集成工程”。

2. 软件定义

为了弄清软件工程的观念，首先要了解程序和软件的概念。一般认为，程序是计算机为完成特定任务而执行的指令的有序集合。站在应用的角度可以更通俗地理解为：

- 面向过程的程序 = 算法 + 数据结构
- 面向对象的程序 = 对象 + 消息
- 面向构件的程序 = 构件 + 构架

通常，软件有以下定义：

软件 = 程序 + 数据 + 文档

这里的“程序”，是对计算机任务的处理对象和处理规则的描述；这里的“文档”，是为了理解程序所需的详细描述性资料；这里的“数据”，主要是软件系统赖以运行的初始化数据。

上述定义看起来很简单，实际上却来之不易。表 1-3 列出了美国人对软件定义的认识过程。直到今天，仍然有少数人认为：“软件就等于程序”。这些人在软件开发过程中，上来就写程序，而不是写文档。软件工程大师 Roger S. Pressman 对这些人提出了尖锐的批评：“越早开始写代码的人，就是越迟完成代码的人。”

表 1-3 美国人对软件定义的认识过程

年 代	对软件定义的认识
20 世纪 50 年代	软件就等于程序，软件系统就是程序系统
20 世纪 60 年代	软件等于程序加文档。这里的文档，是指软件开发过程中的分析、设计、实现、测试、维护文档，还不包括管理文档
20 世纪 70 年代	软件等于程序加文档再加数据，这里的数据不仅包括初始化数据、测试数据，而且包括研发数据、运行数据、维护数据，也包括软件企业积累的项目工程数据和项目管理数据中的大量决策原始记录数据

至于对管理文档的全面认识，那就更晚了。直到 1974 年，美国人才开始认识到软件需要管理。1984 年，美国人开始认识到软件管理是一个过程管理，或是一个管理过程。1991 年，出现了软件过程能力成熟度模型 CMM（Capability Maturity Model for Software）1.0 版，人们研究了软件过程管理的具体内容与方法，并将软件开发和管理中产生的各种文档称为“软件工作产品”，而将最后交付给用户使用的软件工作产品称为“软件产品”。1996 年，出现了统一建模语言 UML 0.9 版，称软件管理文档为“管理制品”，称软件开发文档为“技术制品”，两者合称为“制品（Artefact）”。

3. 文档的重要性

文档在软件工程中特别重要，文档是否规范与齐全，是衡量软件企业是否成熟的重要标志之一。软件文档分为开发文档和管理文档两大类。开发文档主要由项目组书写，用于指导软件开发与维护；管理文档主要由软件工程管理部门书写，用于指导软件管理和决策。两类文档的标准、规范和编制模板，在全公司范围内要统一，这一工作由软件工程管理部门完成。开发文档是指导软件开发与维护的文档，开发与维护中所有的程序都是按照开发文档的要求编写与实现的。软件工程规定：文档必须指挥程序，而决不允许程序指挥文档；文档与程序必须保持高度一致，而决不允许程序脱离开文档。

开发文档本身具有严格的层次关系和依赖关系，这种关系反映在以下覆盖关系中：

- (1) 《目标程序》覆盖《源程序》。
- (2) 《源程序》覆盖《详细设计说明书》。
- (3) 《详细设计说明书》覆盖《概要设计说明书》。
- (4) 《概要设计说明书》覆盖《需求分析规格说明书》。
- (5) 《需求分析规格说明书》覆盖《用户需求报告》。
- (6) 《用户需求报告》覆盖《软件合同》/《软件任务书》。

管理文档本身具有严格的时序关系，这种时序关系反映在以下软件过程中，而过程由一系列的时间序列所组成：

- (1) 需求分析过程管理文档。
- (2) 软件策划过程管理文档。
- (3) 软件设计过程管理文档。
- (4) 软件实现过程管理文档。
- (5) 软件测试过程管理文档。
- (6) 软件维护过程管理文档。
- (7) 软件过程改进管理文档。

成熟的软件企业，都有一套自己的开发文档和管理文档编写标准或编写模板，在企业内部严格执行。

4. 软件的最新定义

软件的最新定义如下：

$$\text{软件} = \text{知识} + \text{程序} + \text{数据} + \text{文档}$$

定义中增加了“知识”。这里的“知识”，主要指各种各样的相关行业领域的专业知识。实际上，知识只是网络的外在表现，程序、数据、文档才是网络的内在实质。也就是说，知识是通过程序、数据、文档来实现的。

对这一定义的另外一种解释是：软件到底是什么呢？软件就是网络，网络就是知识，知识就是信息。站在网民的角度看，软件就是知识加信息；站在程序员角度看，软件就是程序加数据；站在软件管理者角度看，软件就是数据加文档。

网络是知识的载体，知识是网络的灵魂。

1.2 软件工程的定义

1. 软件危机

软件工程来源于软件危机，即先有软件危机，后有软件工程。

20世纪60年代中期，在美国出现了软件危机（Software Crisis），它表现在研发大型软件时，软件开发的成本增大、进度延期、维护困难和质量得不到保障。最突出的例子是美国IBM公司于1963—1966年开发的IBM360系列机操作系统。该软件系统花了大约5000人年的工作量，最多时有1000人投入开发工作，源程序代码近100万行。尽管投入了这么多的人力和物力，得到的结果却极其糟糕。据统计，该操作系统每次发行的新版本，都是从前一个旧版本中找出1000个程序错误而修正的结果。可想而知，这样的软件质量糟糕到什么地步。

由此可见,所谓软件危机,就是在软件开发和维护过程中所遇到一系列难以控制的问题。“软件危机”这个专业术语是于1968年由NATO(North Atlantic Treaty Organization, 北约)的计算机科学家在德国召开的国际学术会议上首次提出的。

为了克服软件危机,同样是在1968年,北约科技委员会召集了近50名一流的编程人员、计算机科学家和工业界巨头,讨论和制定摆脱“软件危机”的对策。在这次会议上,第一次提出了软件工程(Software Engineering)这个专业术语。当时,人们的想法是:若借用建筑工程或机器制造工程的思想、标准、规范、规程去开发软件与维护软件,也许能克服软件危机。以后的实践证明:用工程的方法开发软件与维护软件是个好主意,但是要完全克服软件危机,还有许多其他工作要做。

2. 软件工程定义

1993年,权威杂志IEEE对软件工程的定义是:软件工程是将系统化的、严格约束的、量化的方法,应用于软件开发、运行和维护中。

2001年,软件工程大师Roger S. Pressman对软件工程的定义是:软件工程是一个过程、一组方法和一系列工具。

由于软件技术飞速发展,所以软件工程的定义也要与时俱进。下面根据当前软件技术的进展状况,给出现代软件工程的最新定义。

软件工程是研究软件开发和软件管理的一门工程学科。

这里,一是强调开发。开发是软件工程的主体,开发是在规定的时间、按照规定的成本、开发出符合规定质量要求的软件。二是强调管理或过程管理。当然,开发中有管理,管理是为了更好地开发。所以开发和管理是一个问题的相辅相成的两个方面。许多软件项目的失败,不是在开发技术上出了问题,而是在管理过程上出了问题。所以在某种程度上说,对于一个软件企业,过程管理比开发技术更重要。三是强调工程。要将软件的开发(包括维护)当成一项工程,既要按照工程的办法去开发,又要按照工程的办法去管理。四是强调学科。时至今日,软件工程不只是一门课程,而是一个学科体系,即软件工程知识体系。

3. 软件工程学科体系

软件工程作为一个学科体系,到21世纪初才初步形成。2001年4月18日,美国发布了软件工程知识体系指南SWEBOK(guide to the Software Engineering Body of Knowledge)0.95版。2004年,软件工程学科体系的内容才基本确立,就在这一年,美国ACM和IEEE-CS联合制订了SWEBOK 2004版,它将软件工程学科体系的知识划分为如下10个知识域。

(1) 软件需求(Software Requirements)。软件需求是真实世界中的问题而必须展示的特性。软件需求知识域有7个子域:需求基础、需求过程、需求获取、需求分析、需求规格说明、需求确认、实践考虑。

(2) 软件设计(Software Design)。软件设计既是定义一个体系的体系结构、组件、接口和其他特征的过程,又是这个过程的结果。软件设计知识域有6个子域:软件设计基础、软件设计关键问题、软件结构与体系结构、软件设计质量的分析与评价、软件设计符号、软件设计的策略与方法。

(3) 软件构造(Software Construction)。它指通过编码、验证、单元测试、集成测试和排

错的组合，具体创建一个可以工作的、有意义的软件。其知识域有3个子域：软件构造基础、管理构造、实际考虑。

(4) 软件测试 (Software Testing)。它由在有限测试用例集合上，根据期望的行为对程序的行为进行的动态验证组成，测试用例是从实际上无限的执行域中适当选择出来的。软件测试知识域有5个子域：软件测试基础和测试级别、测试技术、需求分析、与测试相关的度量、测试过程。

(5) 软件维护 (Software Maintenance)。软件一旦投入运行，就可能出现异常，运行环境可能发生改变，用户会提出新的需求。生命周期中的软件维护，从软件交付时开始。软件维护的知识域有4个子域：软件维护基础、软件维护的关键问题、维护过程、维护技术。

(6) 软件配置管理 (Software Configuration Management)。软件配置是为了系统地控制配置的变更，维护软件在整个系统生命周期中的完整性及可追踪性，而标志软件在不同时间点上的配置的学科。软件配置管理知识域有6个子域：软件配置管理过程管理、软件配置标志、软件配置控制、软件配置状态统计、软件配置审核、软件发行管理和交付。

(7) 软件工程管理 (Software Engineering Management)。进行软件工程的管理与度量，虽然度量是所有知识域的一个重要方面，但是这里所说的是度量程序的主题。软件工程管理知识域有6个子域：启动和范围定义、软件项目计划、软件项目实施、评审与评价、关闭、软件工程度量。前5个覆盖软件过程工程管理，第6个描述软件度量的程序。

(8) 软件工程过程 (Software Engineering Process)。涉及软件工程过程本身的定义、实现、评定、度量、管理、变更和改进。软件工程过程知识域有4个子域：过程实施与改变、过程定义、过程评定、过程和产品度量。

(9) 软件工程工具和方法 (Software Engineering Tool and Method)。它有软件工程工具、软件工程方法两个子域。

(10) 软件质量 (Software Quality)。处理跨越整个软件生命周期过程的软件质量的考虑，由于软件质量问题在软件工程中无处不在，其他知识域也涉及质量问题。软件质量知识域有3个子域：软件质量基础、软件质量过程、实践考虑。

在上述软件工程学科体系中，前5个知识域是讲软件开发，后5个知识域是讲软件管理。由此可见，软件工程知识体系包括软件开发和软件管理两大部分，所以软件工程的定义也应该包括软件开发和软件管理两项内容。

4. 软件工程课程研究的内容

软件工程课程与软件工程学科体系是有区别的：前者是一门或一组课程，后者是一个知识体系；前者是一个局部问题，后者是一个整体问题。

作为一门软件工程课程，它研究的内容至今没有统一的说法。可以这么认为，软件工程课程研究的内容应该涵盖“软件生命周期模型、软件开发方法、软件支持过程、软件管理过程、软件工程标准与规范”这5个方面，如表1-4所示。

尽管软件生命周期模型和软件支持过程非常重要，但是现代软件工程研究的重点，仍然是软件开发方法和软件管理过程。在软件管理过程的内容中，除了ISO 9001和CMMI之外，还将软件企业文化也列入其中，如微软企业文化、敏捷文化现象和IBM企业文化。

软件工程标准是对软件产品的约束，例如软件产品的界面标准、包装标准、文档标准、

测试标准、评审标准、鉴定标准等。软件工程规范是对软件开发人员行为的约束，例如命名规范、需求规范、设计规范、编码规范、维护规范等。在软件企业内部，企业管理人员特别重视软件工程的标准与规范。为此，每个大型的软件企业，根据自身的特点，都制定并发布了自己的软件工程标准与规范，在自己企业内部严格执行。

表 1-4 软件工程课程研究的内容

序号	研究方面	具体内容
1	软件生命周期模型	如：瀑布模型、增量模型、原型模型、迭代模型、XP 模型
2	软件开发方法	如：面向过程的方法、面向元数据的方法、面向对象的方法
3	软件支持过程	如：CASE 工具 Rose、北大青鸟系统、Power Designer、ERWin
4	软件管理过程	如：CMMI、软件企业文化、敏捷（XP）文化现象
5	软件工程标准与规范	如：命名标准与规范、设计标准与规范、编程标准与规范

【例 1-2】 请读者开发一个“图书馆信息系统”，即图书馆 MIS。这是一项小型软件工程，为了完成这项任务，读者首先要选择软件生命周期模型，确定开发方法，准备开发工具，设计开发环境和运行环境；然后进行需求分析、概要设计、详细设计、编程、测试、试运行、正式运行、验收和交付；最后是系统维护或系统升级换代。这样，读者就按照所选择的开发模型，走完了软件的一个生命周期。这一系列的软件开发过程和管理过程，就是软件工程。

5. 软件工程基本原理

习惯上，人们常常把软件工程的方法（开发方法）、工具（支持方法的工具）、过程（管理过程）称为软件工程三要素，而把美国著名的软件工程专家 B.W. Boehm 于 1983 年提出的 7 条原理作为软件工程的基本原理。

（1）用分阶段的生命周期计划严格管理软件开发。阶段划分为计划、分析、设计、编程、测试和运行维护。

（2）坚持进行阶段评审。若上一阶段评审不通过，则不能进入下一阶段开发。

（3）实行严格的产品版本控制。

（4）采用现代程序设计技术。

（5）结果应能清楚地审查。因此，对文档要有严格要求。

（6）开发小组的成员要少而精。

（7）要不断地改进软件工程实践的经验和技术，要与时俱进。

上述 7 条原理，虽然是在面向过程的程序设计时代（结构化时代）提出来的，但是，直到今天，在面向元数据和面向对象的程序设计新时代，它仍然有效。根据“与时俱进”的原则，还有一条基本原理在软件的开发和管理中特别重要，需要补充进去，作为软件工程的第 8 条基本原理。

（8）二八定律。

在软件工程中，所谓二八定律，就是一般人常常将 20% 的东西误以为是 80% 的东西，而将 80% 的东西误以为是 20% 的东西。

例如，对软件项目进度和工作量的估计：一般人主观上认为已经完成了 80%，但实际上只完成了 20%；对程序中存在问题的估计：一般人不知道 80% 的问题存在于 20% 的程序之中；对模块功能的估计：一般人不知道 20% 的模块，实现了 80% 的功能；对人力资源的估计：一

般人不知道 20% 的人，解决了软件中 80% 的问题；对投入资金的估计：一般人不知道信息系统中 80% 的问题，可以用 20% 的资金来解决。

在软件开发和管理的历史上，有无数的案例都验证了二八定律。所以，软件工程发展到今天，作者认为，它的基本原理共有 8 条。

在软件工程中，有些定理或定律是不需要从理论上严格证明的，只需要在实践中检验。因为实践是检验真理的唯一标准，从来没有人去证明过二八定律，但它却是放之四海而皆准的真理。

研究二八定律的现实意义是，指导软件开发计划的制订与执行。如果事先掌握了二八定律，就能自觉地用二八定律去制订、跟踪与执行软件开发计划。也就是说，计划中要用开始的 20% 时间，去完成 80% 的开发进度；剩下 20% 的进度，要留下 80% 的时间去完成。只有这样，项目的开发计划与项目的开发进度才能吻合。这是为什么呢？就是因为软件中的许多问题，只有到软件开发后期才会真正暴露出来！这就是软件的特点，这就是软件开发工作的规律！

6. 软件工程在中国

软件工程是何时来到中国大陆的？国内实时操作系统的奠基人孟庆余教授在《银河精神》的回忆录中记述（2003 年 9 月 28 日）如下：

1982 年，软件工程的创始人、美籍华人叶祖尧博士，带着自己开创的“软件工程学”理论来到中国，成为当时中国政府计算机领导小组的顾问。他制定了一项“中国软件发展计划”，提交给当时的国务院主要领导。从此，软件工程在中国开始启动，并且一发而不可收。

1984 年，国家科委在北京召开“软件工程”大会。会议期间，国防科技大学陈火旺院士与孟庆余教授，宴请了美国软件工程专家叶祖尧博士。席间，时任美国马里兰大学计算机系主任的叶祖尧博士说：“软件工程，只有你们长沙（国防科技大学）并行机的研究搞得最好！”

20 世纪 80 年代银河系列巨型机的发展历史已经证明，21 世纪天河系列巨型机的发展历史再次证明：叶祖尧博士的话是对的。

另外，根据《软件工程技术概论》（北京：科学出版社，2002）一书的记载，中国软件工程的第一本书籍，是由朱三元等人编著的《软件工程指南》，出版时间为 1985 年。

1.3 软件工程在软件行业中的作用

软件工程是软件行业的一门工程管理科学，更是系统分析员和项目经理以上人员必备的知识体系，为了将我国的软件产业搞上去，使软件产业成为国民经济的支柱产业，使中国早日成为一个软件大国与软件强国，在软件界怎么强调软件工程也不过分。

【例 1-3】 20 世纪 90 年代初，有两个软件团队，一个较大（10 多人），另一个较小（6 人），都在开发财务系统。

较大的那个团队，工作不规范，没有文档，没有评审，也没有团队协作精神，结果开发出来的产品可维护性差，没有打开市场，没有产生经济效益和社会效益，致使产品与团队最后同归于尽。

较小的那个团队，同舟共济，工作规范，有正规文档，有阶段评审，分工明确：一人负

责原始凭证和输出报表的收集、归类和整理，这实际上是做需求分析；一人负责科目和数据字典（代码表），这实际上是做信息的标准化与规范化；一人负责记账凭证的录入和修改，这实际上是做数据库的设计和加载工作；一人负责日记账、明细账和总账之间的平衡与对账，这实际上是做数据处理；一人负责统计、报表和查询，这实际上是做数据输出工作；一人负责总体设计和项目管理，这就是项目经理的工作。他们的工作进度虽然不快，但最后形成了产品，打开了市场，产生了经济效益和社会效益，并且发展成为一个大型 IT 企业，这 6 个人后来都成了业界精英。

造成这两个团队不同结果的原因是什么呢？一个根本原因，就是较大的团队没有软件工程知识和团队协作精神，较小的团队有一些软件工程知识和很强的团队协作精神。由此可见，软件工程知识背景和团队精神是多么重要。实际上，团队精神是一种软件企业文化，软件企业文化属于软件过程管理的范畴，软件过程管理是软件工程研究的四大内容之一。

因为软件工程来自于软件行业，又服务于软件行业，所以下面主要讨论它在软件行业中的作用。

从历史上讲，软件工程的作用，是为了克服 20 世纪 60 年代出现的软件危机。

从当前来讲，软件工程的作用，就是告诉人们怎样去开发软件和管理软件。具体地讲，它表现在与软件开发和管理有关的人员和过程上。为了说明这个问题，首先，分析软件行业的人才结构，看看这些人员的工作与软件工程有什么关系。

一般来说，软件行业的专业人才由下列几个层次组成。

(1) 高层管理人员。他们应具备的基本条件是：软件专业宏观知识、软件工程管理知识，加上商业与资本运作知识。他们要用软件工程的理论和方法，来管理整个公司的软件业务。

(2) 中层项目经理和软件工程师。他们应具备的基本条件是：系统分析知识、系统设计知识，加上项目管理知识。他们要用软件工程的理论和方法，来管理项目组的软件开发。他们的个人奋斗目标是软件管理专家、分析设计专家、开发技术专家，他们是工程实践的践行者。

(3) 软件蓝领工人。他们应具备的基本条件是：掌握阅读文档的技能、程序设计的技巧，加上软件测试的知识。他们要用软件工程的理论和方法，来实现软件项目的软件功能、性能、接口、界面。

(4) 软件营销人员。他们应具备的基本条件是：营销知识、售前知识，加上软件工程基本知识。他们要用软件工程的基本思路，来与客户进行沟通，以赢得客户的信任。

(5) 软件实施和维护人员。他们应具备的基本条件是：软件客户化及安装、运行、维修技术。他们要用软件工程的基本方法，来实现软件功能、性能与接口的实施和维护。

(6) 软件售前人员。他们是软件公司的产品形象代表，其奋斗目标是：既要成为某个行业领域的产品专家，又要成为该产品的实现顾问。只有这样，他们才能看懂招标书、写好投标书、讲好投标书。在制作和宣讲投标书的过程中，有许多与软件工程相关的知识和内容，如项目开发方法、开发工具、开发环境、运行环境、管理方法、质量和进度控制方法，只有把这些方法写清讲透，用户才能相信认可，投标才有成功把握。这些知识和内容，离不开软件工程知识的学习。

在以上 6 种人员中，软件工程这门课是前三种人员的必修课。对后三种人员，若想在工作中寻求更大的发展空间，则应提升自己的知识结构和工作层次，且十分需要掌握软件工程的基本知识。当然，对于不同岗位，知识结构要求有所不同，侧重点也不同。但是，只要在软件

行业工作，就会自觉或不自觉地参与软件岗位竞争，就必须重视软件工程，学好软件工程，用好软件工程，不断地将自己的实践经验上升到软件工程的理论与方法，又不断地用软件工程的理论与方法指导自己的实践活动，使自己不断地得到升华和发展，这就是软件工程的作用。

从软件项目团队来讲，软件工程的作用是：在规定的时间内，按照规定的成本，完成预期质量目标（软件的功能、性能和接口达到需求报告标准）的软件。

从软件企业本身来讲，软件工程的作用是：持续地规范软件开发过程和软件管理过程，不断地优化软件组织的个人素质和集体素质，从而逐渐增强软件企业的市场竞争实力。

从软件大国与强国来讲，软件工程的作用是：它在一个国家的计算机界及软件界的普及与推广，可以使这个国家变为一个软件大国，进而变为一个软件强国。

由于软件工程的作用越来越大，它的地位也越来越高。以前，软件工程在高校只是一门课程。现在，它作为一个学科体系，设立了软件工程专业和软件工程学士、硕士、博士学位。

1.4 软件工程方法论

1.4.1 软件工程方法论的提出

长期以来，人们将软件开发方法与软件生命周期模型，甚至将软件开发方法与软件过程改进模型混为一谈，因而误认为软件生命周期模型或软件过程改进模型就是软件开发方法。例如，将迭代模型 RUP（Rational Unified Process）和过程改善模型 CMMI（Capability Maturity Model Integration）误认为软件开发方法或软件工程方法论。事实上，软件开发方法与软件生命周期模型是不同的，软件开发方法与软件过程改进模型就更不相同了。软件开发方法源于程序设计语言方法学，而软件生命周期模型或软件过程改进模型与程序设计语言方法学无关。

软件生命周期模型是指在整个软件生命周期中，软件开发过程应遵循的开发路线图。或者说，软件生命周期模型是软件开发全部过程、活动和任务的结构框架。

例如，瀑布模型、增量模型、螺旋模型、喷泉模型、XP 模型、原型模型和 RUP 迭代模型，它们都有各自清晰的开发路线图，规定了各自的开发过程、活动和任务的结构框架。关于这些软件生命周期模型，将在后续的有关章节中详细论述。

软件开发方法是指在软件开发路线图中，开发人员对软件需求、设计、实现、维护所采用的开发思想、开发技术、描述方法、支持工具等。

在软件工程方法学方面，大体可分为程序设计方法学和软件开发方法学，前者是关于小规模程序的设计方法学，后者是关于大规模软件的开发方法学。

例如，在程序设计方法学中，最基本的方法有面向过程程序设计方法、面向对象程序设计方法、面向元数据（Meta-data）程序设计方法。在软件开发方法学中，最基本的方法有面向过程方法、面向对象方法、面向元数据方法、形式化方法。它们都是软件开发方法，都有各自的开发思想、开发技术、描述方法、支持工具等。

软件工程中软件开发方法的集合，称为**软件工程方法论**。

现在的问题是：到目前为止，在软件工程方法论中，到底包括哪几种最基本的软件开发方法？这几种开发方法到底存在什么关系？下面将回答这些问题。