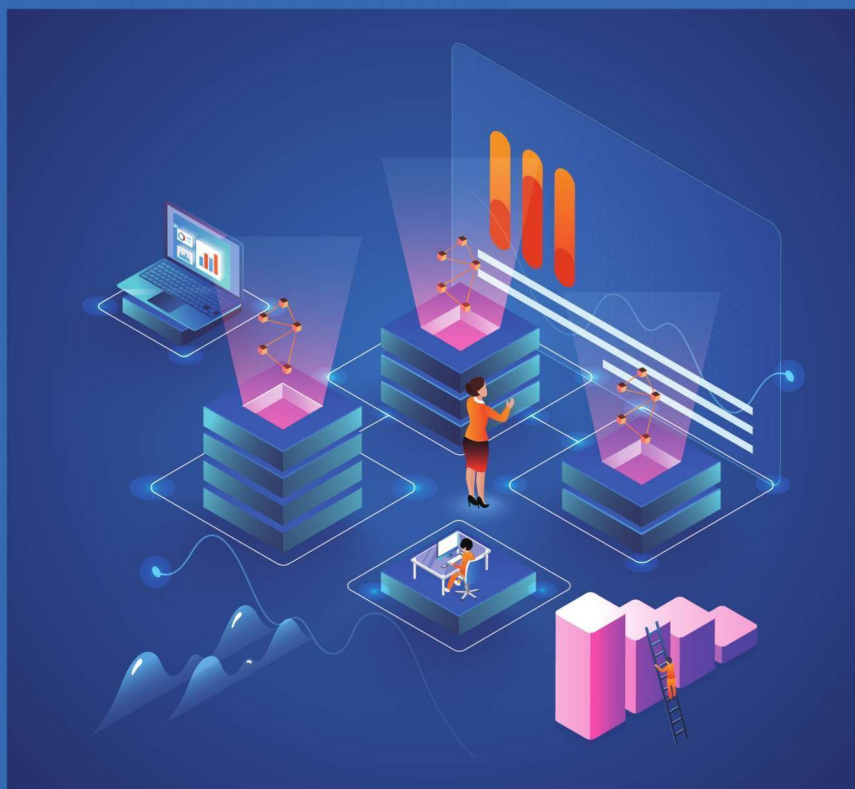


# 计算机

## 软件开发与应用研究

段莎莉 ◎ 著



吉林人民出版社

# 计算机软件开发与应用研究

段莎莉 著

吉林人民出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机软件开发与应用研究/段莎莉著. --长春:  
吉林人民出版社, 2020.10

ISBN 978-7-206-17599-2

I. ①计… II. ①段… III. ①软件开发—研究 IV.  
①TP311.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 194230 号

责任编辑: 陈明新

封面设计: 韩瑞瑞

计算机软件开发与应用研究

**JISUANJI RUANJIAN KAIFA YU YINGYONG YANJIU**

---

著 者: 段莎莉

吉林人民出版社出版发行 (长春市人民大街 7548 号 邮政编码: 130022)

咨询电话: 0431-85378033

印 刷: 吉林省优视印务有限公司

开 本: 880mm×1230mm 1/32

印 张: 5.75 字数: 220 千字

标准书号: ISBN 978-7-206-17599-2

版 次: 2021 年 2 月第 1 版 印 次: 2021 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 48.00 元

---

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系调换。



近年来，随着计算机技术的迅速发展和广泛应用，社会对软件的需求也与日俱增，软件在计算机系统的比重不断增大。现代社会已经离不开软件。国家基础设施和公共建设，工业制造、金融、交通等行业，软件已经成为必不可少的一部分。软件可以将劳动生产率水平进一步提高，促进经济全球化、经济增长集约化、环保经济绿色化、军事技术信息化，甚至影响和改变着人类的生活方式。

软件开发是根据用户要求构建软件系统或系统软件部分的过程。它是一个包括需求捕获，需求分析，设计，实施和测试的系统工程。2019年1月8日，世界权威排名机构 US News（美国世界与新闻导报）发布了世界100个最佳工作排名，其中科技类共有10种工作上榜，而在这10种工作中，软件开发工程师是最佳职业。可以看出，随着互联网的爆炸性发展，软件开发行业已成为全世界科技行业最受关注的行业之一。

本书较全面、系统地介绍了当前软件开发领域的理论知识。全书结构清晰、内容翔实、语言简练，易读性、指导性强。具体来看，本书共6章，第1章介绍了计算机软件开发基础理论，主要内容包括软件、软件危机、软件工程和软件生命周期；第二章介绍了软件开发环境与工具；第3章介绍了计算机软件开发传统方法，主要内容包括可行性研究、需

求分析和系统设计；第4章介绍了数据库及其应用，主要内容包括数据库设计、数据库编程和数据库保护；第5章介绍了面向对象的软件开发方法，主要内容包括面向对象概述、集中典型的面向对象开发方法、面向对象的语言、类和对象、运算符重载、继承与多态、异常的捕获和处理；第6章介绍了计算机软件测试，主要内容包括软件缺陷、软件测试分类与过程、软件自动化测试。

时代在发展，科技也在发展。人类社会从网络化、数字化到智能化，软件开发一直以来都扮演着十分重要的角色。就目前来讲，软件开发从业人员需要把工作重心放在需求、架构和设计上，并不断提升自身的专业程度，以良好的职业素养和强烈的紧迫感解决现实问题。在未来，伴随着新一代互联网技术、计算机技术、信息技术等的研究和应用，软件开发必将有全新的发展。

本书在写作过程中，参考和借鉴了一些国内外同仁的著作，在此向他们表示衷心的感谢。由于出版时间仓促和写作能力所限，书中难免存在一些疏漏之处，衷心希望广大读者和专家能够提出宝贵意见和建议。

段莎莉

2020年8月

# C 目录 Contents

第 1 章 计算机软件开发基础理论 .....	1
▶ 1.1 软件 .....	1
▶ 1.2 软件危机 .....	3
▶ 1.3 软件工程 .....	6
▶ 1.4 软件生命周期 .....	10
第 2 章 软件开发环境与工具 .....	14
▶ 2.1 软件开发环境 .....	14
▶ 2.2 软件开发工具 .....	20
第 3 章 计算机软件开发传统方法 .....	36
▶ 3.1 可行性研究 .....	36
▶ 3.2 需求分析 .....	37
▶ 3.3 系统设计 .....	46
第 4 章 数据库及其应用 .....	56
▶ 4.1 数据库设计 .....	56
▶ 4.2 数据库编程 .....	68
▶ 4.3 数据库保护 .....	74

第 5 章 面向对象的软件开发方法 .....	91
▶5.1 面向对象概述 .....	91
▶5.2 几种典型的面向对象开发方法 .....	98
▶5.3 面向对象的语言 .....	105
▶5.4 类和对象 .....	106
▶5.5 运算符重载 .....	118
▶5.6 继承与多态 .....	128
▶5.7 异常的捕获和处理 .....	135
第 6 章 计算机软件测试 .....	138
▶6.1 软件缺陷 .....	138
▶6.2 软件测试分类与过程 .....	149
▶6.3 软件自动化测试 .....	160
参考文献 .....	173

# 第 1 章 计算机软件开发基础理论

## ► 1.1 软件

### ► 1.1.1 软件概念

软件（Software）是一系列按照特定顺序组织的计算机数据和指令的集合。软件一般被划分为系统软件，应用软件和介于这两者之间的中间件。软件并不是只包括可以在计算机（这里的计算机是指广义的计算机）上运行的程序，与这些程序相关的文档、数据等元素一般也被认为是软件的一部分。

随着计算机技术的迅速发展和广泛应用，社会对软件的需求也与日俱增，软件在计算机系统中的重要程度不断增大。现代社会已经离不开软件。国家基础设施和公共建设，工业制造、金融、交通等行业，软件已经成为必不可少的一部分。软件可以将劳动生产率水平进一步提高，促进经济全球化、经济增长集约化、环保经济绿色化、军事技术信息化，甚至影响和改变着人类的生活方式。软件从最初的计算机硬件的附属品，仅仅作为计算机硬件的运行和做一些简单的计算与数据处理程序，发展到今天大规模的封闭或开放式的系统软件和应用软件。有的软件的源代码甚至超过千万行。例如，美国阿波罗计划的软件长达 1000 万行，航天飞行计划的软件更是长达 4000 万行，桌面操作系统为千万级量级规模。如今，物联网技术、云计算、大数据、移动互联网融合发展，为生产生活、社会管理带



来深刻变化。现代软件技术结合物联网、大数据、云计算和移动互联网、虚拟现实、大规模并行计算等一系列技术让“智慧城市”与“智慧交通”的美好画卷正在变成现实。

软件是抽象的，是人类逻辑思维的产物，它不受物质材料的限制，也不受物理定律或加工过程的制约，这一特性使软件工程得以简化，因为软件的潜能不受物理因素的限制；另外一方面，由于缺乏自然约束，软件系统的实现在实施过程中，容易变得极为复杂，理解它会很困难、改变它付出的代价更加高昂。软件规模的增长，使其复杂度也随之大大增加，而高复杂度和高可靠性的不相容性，使得软件可靠性随着其规模的增长而降低，质量难以保证，维护愈加困难，投资预算很难控制，传统的软件研制开发方法已无法适应大规模软件的开发需求。

为了解决在软件开发和维护过程中遇到的一系列软件危机的严重问题，1968年，北大西洋公约组织（NATO）的科学家和官员们在原德意志联邦共和国召开的国际会议上讨论并首次提出了软件开发要工程化。当时，单个的程序开发技术已经不能扩展并应用到大型的、复杂的软件系统中。软件项目有时甚至要推迟几年才能完成，不仅比预计的费用高且难以维护。软件工作者开始认真研究消除软件危机的途径，从而逐渐形成了一门新兴的工程学科——计算机软件工程学（Software Engineering），简称软件工程。<sup>①</sup> 软件工程是一门工程学科，涉及软件生产过程中的各个方面，从最初的问题提出一直到投入使用后的系统维护，都属于其学科研究范畴。

### ► 1.1.2 软件特性

软件是功能、性能相对完备的程序系统。程序就是软件，但软件不仅仅是程

---

<sup>①</sup> 张青，王囡囡，工程软件开发技术 [M]，北京：北京理工大学出版社，2016。

序，还包括说明其功能、性能的说明性信息，如使用维护说明、指南、培训教材等。

软件是具有使用性能的软设备。人们编制一个应用程序，可以解决自己的问题，但不能称之为应用软件。一旦使用良好并转让给他人则可称之为应用软件。

软件是信息商品。既然是商品则不仅有功能、性能要求，还要有质量、成本、交货期、使用寿命要求。软件开发者一般不是使用者。软件的开发、生产、销售形成了巨大的信息产业。它不同于传统产业，研制开发是其主要的生产方式，而大批量生产是十分容易的复制工作，制造成本极低，如同电影工业。

软件是极具竞争性的商品，投入的资金主要是人工费，研制时日一长，成本陡增就会使软件变得毫无竞争力。技术先进固然重要，更重要的是科学管理，应按软件工程的办法制作软件。利用软件工具开发软件、管理项目是当今软件开发的基本模式。这种管理和技术的相互交织，很难将技术和管理截然分开。例如，软件配置管理系统是一个管理软件，它本身又成为重用、集成等软件技术的基础。

软件是只有过时而无“磨损”的商品。硬件和一般产品都有使用寿命。软件和硬件不同，用得越多软件内的错误清除得越干净。所以软件只有过时而无用坏一说。所谓过时往往是它所在的硬件环境及配套软件升级，导致软件做相应升级。例如 PC 上的 Word 3.0 字处理功能做文字编辑并没有什么大缺陷，但是，人们更愿使用最新版本的 Word。

## ► 1.2 软件危机

广义上讲，所谓软件危机包含两方面问题：如何开发软件，以满足对软件日



益增长的需求；如何维护数量不断膨胀的已有软件。

狭义上讲，所谓软件危机主要有以下一些典型表现：

(1) 对软件开发成本和进度的估计常常很不准确。实际成本比估计成本有可能高出一个数量级，实际进度比预期进度拖延几个月甚至几年的现象并不罕见，这种现象降低了软件开发组织的（信誉）。而为了赶进度和节约成本所采取的一些权宜之计又往往降低软件产品的质量，从而会引起用户的不满。

(2) 开发人员和用户之间很难沟通，矛盾很难统一。往往是软件开发人员不能真正了解用户的需求，而用户又不了解计算机求解问题的模式和能力，双方无法用共同熟悉的语言进行交流和描述。在双方互不充分了解的情况下，就仓促上阵设计系统、匆忙着手编写程序，这种“闭门造车”的开发方式必然导致最终的产品不符合用户的实际需要。

(3) 大型软件项目需要组织一定的研发人力共同完成。软件项目管理人员缺乏开发大型软件系统的经验及软件开发各类人员的信息交流不及时、不准确，有时还会产生误解，这些都会导致软件质量无法得到保证。

(4) 软件系统中的错误难以消除。软件是逻辑产品，质量问题很难以统一的标准度量，因而造成质量控制困难。软件产品并不是没有错误，而是盲目检测很难发现错误，而隐藏下来的错误往往是造成重大事故的隐患，这些都会导致软件产品出现质量问题。

(5) 软件常常是不可维护的。很多程序中的错误是非常难改正的，实际上不可能使这些程序适应新的硬件环境，也不能根据用户的需求在原有程序中增加一些新的功能。“可重用的软件”还是一个没有完全做到的、正在努力追求的目标，人们仍然在重复开发类似的或基本类似的软件。

(6) 软件通常没有适当的文档资料。错误的观点经常认为：软件就是程序。

程序代码写完软件也就设计完了。实际上软件不仅仅是程序，还应该有一整套文档资料。这些文档资料应该是软件开发过程中产生出来的，而且应该是和程序代码完全一致的。软件开发过程中，基线是软件文档和源代码的一个稳定版本，它是进一步开发的基础。软件开发组织的管理人员可以使用这些文档资料作为“里程碑”，来管理和评价软件开发工程的进展状况；软件开发人员可以利用它们作为通信工具，在软件开发过程中准确地交流信息，对于软件维护人员而言，这些文档资料更是必不可少的。<sup>①</sup> 缺乏必要的文档资料或者文档资料不合格，必然给软件开发和维护带来许多严重的困难和问题。

(7) 软件成本在计算机系统成本中所占的比例逐年上升。随着互联网时代的到来，电子商务、移动互联网兴起，软件经济已经影响到社会经济的方方面面。硬件成本逐年下降，然而软件开发需要大量人力，软件成本随着软件规模和数量的不断扩大而持续上升。

(8) 软件开发生产率跟不上计算机应用系统迅速普及深入的速度。软件开发是种高强度的脑力劳动，理论性和实践性都很强，软件开发人员的生产效率也对开发的周期和质量有很大影响。特别是软件工程，对软件开发的成功（按质按量，按期完成）有决定性作用。

(9) 软件产品的特殊性和人类智力的局限性。导致人类无力处理“复杂问题”。“复杂问题”的概念是相对的，一旦人们采用先进的组织形式，开发方法和工具提高了软件开发效率和能力，新的、更大的、更复杂的问题又摆在人们的面前，所以“复杂问题”的解决需要诸多学科知识及技术的协同发展。

以上举例的仅仅是软件危机的一些典型表现，与软件开发和维护有关的问题远不止这些。

---

<sup>①</sup> 韩炜. 可信嵌入式软件开发方法与实践 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2017.



## ► 1.3 软件工程

### ► 1.3.1 软件工程定义

软件工程是一门新兴学科，它是为了克服日益严重的软件危机而发展起来的。它的目的是成功地建造一个大型软件系统，能在开发成本、开发时间、软件功能及性能等方面达到预期目标。为了实现这一目标，提出了软件工程化的思想，从管理和技术两方面指导软件开发。虽然目前软件工程并不能使我们完全摆脱软件危机，但对于在软件开发和维护过程中尽快消除一些错误的认识和做法，并使用一些在实践中总结出来的成功的技术和方法，以提高软件的生产率和成功率起到了积极的作用。同时也使人们认识到：软件的生产过程在许多方面与传统的工程相似，但具有独特的属性和问题。

1983年，IEEE（Institute of Electrical & Electronic Engineers，电气与电子工程师协会）给出了一个更为全面的定义：软件工程是研究和应用如何以系统化的、规范的、可度量的方法去开发、运行和维护软件，即把工程化应用到软件上。

除以上定义外，软件工程还有许多其他的定义，但其基本思想都是强调在软件开发过程中应用工程化原则，解决软件整体质量较低、最后期限和费用没有保证等问题。

软件工程作为一门学科，到20世纪70年代末至80年代初才正式形成。软件工程专业的发展历史尽管不长，但也经历了传统软件工程、对象软件工程、过程软件工程、构件软件工程4个阶段。目前的发展趋势，是在这些基础上朝着流水线

装配软件工程的方向发展，以迎接和适应软件发展的4大趋势：流水线生产、网络化、服务化与全球化。

综上所述，我们可以认为软件工程是用科学知识和技术原理来定义、开发、维护软件的一门工程学科，也是一门涉及计算机科学、工程科学、管理科学、数学等领域的综合性的交叉学科。计算机科学中的研究成果都可以用于软件工程，但计算机科学着眼于原理和理论，软件工程则着眼于如何建造一个软件系统。软件工程不仅要用工程科学中的技术来进行成本估算、进度安排以及制定计划和方案，还要利用管理科学中的方法、原理来实现软件生产的管理，并用数学的方法建立软件开发中的各种模型和算法，如可靠性模型、说明用户要求的形式化模型等。

### ► 1.3.2 软件工程原理

通常，人们习惯把软件工程的方法、工具、过程称为软件工程三要素。其中软件工程方法为软件开发提供了“如何做”的技术，而软件工具为软件工程方法提供了自动的或半自动的软件支撑环境，过程则是将软件工程的方法和工具综合起来以达到合理、及时地进行计算机软件开发的目的。软件工程过程定义了开发方法使用的顺序、要求交付的文档资料、为保证质量和适应变化所需要的管理、软件开发各个阶段完成的里程碑等内容。

1983年，美国TRW公司著名的软件工程专家B. W. Boehm提出了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地管理软件开发。这些阶段包括计划、分析、设计、编程、测试和运行维护，其中计划应包括六类：项目概要计划、里程碑计划、项目控制计划、产品控制计划、验证计划和运行维护计划。



(2) 坚持进行阶段评审。上一阶段评审不通过, 就不能进入下一阶段开发。因为错误发现越晚, 所付代价越高。

(3) 实行严格的产品控制。改变需求时, 为保证软件各个配置成分的一致性, 必须按照严格的规程进行评审, 批准后才能实施修改。

(4) 采用现代程序设计技术, 提高软件开发和维护效率。

(5) 结果应能清楚地审查。为提高软件开发过程的可见性, 应根据软件开发项目的总目标和完成期限, 规定开发组织的责任和产品标准; 对文档要有严格的要求, 使结果能清楚地审查。

(6) 开发小组的人员应少而精, 只有这样才能保证效率高、错误少。

(7) 承认不断改进软件工程实践的必要性。不仅要积极主动地采纳新的软件技术, 还要注意不断总结经验、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提出来的, 但直到今天仍然有效。根据与时俱进的原则, 还有一条基本原理需要补充, 作为软件工程的第 8 条基本原理。

(8) “二八”定律。对软件项目进度和工作量的估计一般主观上认为已经完成了 80% 的, 往往实际上只完成了 20%。对程序中存在的问题的估计, 80% 的问题往往存在于 20% 的程序之中。对模块功能的估计, 20% 的模块实现了 80% 的功能。对人力资源的估计, 20% 的人解决了软件中 80% 的问题。对投入资金的估计, 企业信息系统中 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, 所以可以认为它是软件工程的基本原理。

### ► 1.3.3 软件工程作用

软件工程来自软件企业, 又服务于软件企业, 所以它的作用体现在软件企业

中。它告诉人们怎样去开发和管理软件，具体地讲，它表现在与软件开发及其管理有关的人员和过程上。为了说明这个问题，先来分析一下软件企业的人才结构，由此可以看出这些人员的工作与软件工程的关系。

一般来说，软件企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、软件工程管理知识以及商业与资本运作的知识。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、系统设计知识以及项目管理知识。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。他们个人的奋斗目标是软件管理专家、分析设计专家、开发技术专家。这两部分人员，是软件工程知识的拥有者和实践者。

(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、程序设计的技巧以及软件测试知识。他们要用软件工程的理论和方法，来实现软件项目的功能、性能、接口和界面。

(4) 软件营销人员。他们应具备的基本条件是：营销知识、售前知识以及软件工程基本知识。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、维护技术。他们要用软件工程的基本方法，来实现软件的功能和性能，以及与接口的实施和维护。

(6) 软件售前人员。他们是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，如软件开发方法、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，投标才有成功的把握。显然，这些知识和内容，离不开软件工程知识的学习和教育。

以上6种人员中，软件工程是前3种人员的必修课。对后3种人员，若想在工作中寻找更大的发展空间，提升自己的知识层次和工作能力，也需要掌握软件工程的基本知识。可以说，只要在软件行业工作，就会自觉不自觉地参与软件岗位竞争，就必须重视软件工程。学好、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，再不断地用软件工程的理论与方法指导自己的实践活动，使自己的软件理论知识不断得到升华和发展，这就是软件工程的终极目标。

从项目团队来讲，软件工程的作用在于：在规定的时间和成本内，完成预期质量目标的软件；从软件企业来讲，软件工程的作用在于：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；从软件发展进程来讲，软件工程的作用在于：克服软件危机，控制软件进度，节约软件成本，提高软件质量。

由于软件工程的作用越来越大，它在学科中的地位越来越高，以前只是作为一门课，现在已设立了软件工程专业和软件工程学位。

## ► 1.4 软件生命周期

### ► 1.4.1 软件生命周期概述

人们在研究人的成长过程时，通常把特征相同的时期划分为一个阶段，如孕