



计算方法丛书

软件工程方法

崔俊芝 黄玉霞 韩其瑜 著

科学出版社



(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书系统地论述科学计算和工程应用软件的研制方法,重点讨论软件开发过程中需求分析、总体设计和细部设计三个开发阶段的软件工程方法。主要内容包括:第一章综述科学工程软件的现状和发展趋势;第二章详细介绍需求分析的方法、技术和规定;第三章讨论软件开发的方法论;第四、五、六、七章分别叙述用户接口设计、算法设计、结构设计和细部设计的方法和技术;第八章介绍软件的实现和维护的方法与技术。

本书取材兼顾了先进性和实用性,力求使读者对各种方法有一较全面的了解,并能掌握方法的优点。本书可供软件设计人员、高等院校有关专业师生和科研人员阅读。

2P50/11

计算方法丛书

软件 工 程 方 法

崔俊芝 黄玉霞 韩其瑜 著

责任编辑 林 鹏

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

北京怀柔县黄坎印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年8月第一版 开本:850×1168 1/32

1992年8月第一次印刷 印张:10 1/4

印数:1—2400 字数:263000

ISBN 7-03-002901-1/TP·213

定价:10.50元

献给

科学和工程应用软件

研制者

《计算方法丛书》编委会

主 编 冯 康

副主编 石钟慈 李岳生

编 委 王仁宏 王汝权 孙继广 吴文达 李庆扬

李德元 林 群 周毓麟 席少霖 徐利治

郭本瑜 袁兆鼎 黄鸿慈 蒋尔雄 雷晋干

滕振寰

序

60年代的软件危机提高了人们对软件和软件开发重要性的认识。随着社会对软件,特别是对应用软件需求的增长,计算机软件专家更加强了对软件开发,特别是对应用软件开发和维护的规律性、理论、方法和技术的研究,从而逐步形成了一门介于软件科学、系统工程和工程管理学之间的边缘性学科,称之为软件工程。随着软件商品化的发展,这门学科的研究范围也越来越广,分别形成了软件工程经济、软件工程方法、软件工程标准与规范、软件工程工具与环境等分支学科。作者认为,对于软件研制者来说,了解和掌握软件工程方法是首要的。

软件工程方法是在总结前人软件工程实践的基础上形成的一套支持软件开发和维护的理论、方法、技术和规定。对它的形成和发展做出贡献者,除了知名的软件专家 F.Bauer, B.W. Boehm, E.W.Dijkstra, E.Yourdon, L.L.Constantine, M.J. Jackson 等人外,还有广大的软件人员,是他们的经验形成了这门学科中最实用的部分。

作者在从事科学计算和工程应用软件研制中体会到了使用软件工程方法的必要性,便开始了软件工程方法的学习和研究。由于科学工程软件在计算方法方面的复杂性,以及应用领域、用户素质、知识结构、数据和图形组织等方面的特殊性,再加上科学工程软件的研制者常是包揽整个研制过程,用正在流行的软件工程方法指导科学工程软件研制,除基本原理外,具体的方法和技术有许多不当之处,因此作者下决心根据科学工程软件及其研制的特点,为同行写一点材料,本书就是这一决心的产物。

本书是第一本研究科学计算和工程应用软件研制方法的专著。它在系统组织和写作风格上不同于已经出版的软件工程书籍,

它突出了科学工程软件研制对软件工程方法的需求,取材兼顾了先进性和实用性;它总结了作者的软件工程实践的经验,其中相当一部分材料属于第一次公开发表。众所周知,在软件开发期中,需求分析、总体设计和细部设计是对软件总体品质影响最大的开发阶段,故本书重点讨论了这三个阶段的软件工程方法,特别是总体设计。本书的内容安排是:第一章综述科学工程软件的现状及研制工作对软件工程方法的需求,并且简要介绍了有关的软件工程的研究领域及工程软件的发展趋势;第二章详细讨论需求分析的方法、技术和规定;第三章集中讨论软件开发的方法论,力求使读者对各种方法论有一个较全面的了解,并掌握其思想要点,能够在使用某一方法进行软件研制时,有效地吸取其他方法的优点;第四、五、六、七章是分别讨论用户接口设计、算法设计、结构与细部设计的方法和技术;第八章是概略介绍软件实现、维护的方法与技术。限于篇幅,本书没有对软件工程方法中的形式化技术展开讨论。

作者认为,软件研制不同于公式演绎,它不是在思维的单行线上行进,而是随时要求做出判断和决策,并且要求研制者把某个科学或工程技术领域的知识和计算方法与软件科学中的方法和技术有机地结合起来,创造性地建造出知识高度密集的软件产品。因此,请读者不要把本书介绍的方法、技术或规定当作信条或公式去死背硬套,应该把它们作为促进独立思考和发挥创造性的知识和建议。我们认为按此理解,本书对读者实际贡献会更大些。

自1987年以来,本书的初稿和修改稿已在中国科学院研究生院、北京大学、南开大学、天津大学、中山大学、中国石油化工总公司和中国石油天然气总公司等单位讲授过十多次,同行们的鼓励和建议对本书的出版起了极大的推动作用。

第二、三位作者分别参加了本书第六、七两章的写作,其余内容均由第一位作者完成。

本书的部分内容是在国家自然科学基金资助下完成的。在此向支持了本书出版的单位和对初稿提出过建议和意见的同行们表

示感谢。

由于作者的能力和经验的局限性，本书中的不当之处难免，
敬请读者指正。

崔俊芝

1989年10月初稿

1991年8月修改稿

目 录

第一章 绪论	1
§ 1 引言	1
§ 2 软件及其分类	2
2.1 程序与软件	2
2.2 软件分类	3
2.3 应用软件	4
§ 3 科学工程软件 (一)	5
3.1 数学软件	6
3.2 辅助性软件	7
3.3 结构工程软件	8
3.4 专业性技术软件	10
3.5 CAD/CAM/CAE 软件	10
3.6 专家系统	11
§ 4 科学工程软件 (二)	12
4.1 发展趋势	12
4.2 大中型科学工程软件的特点	14
§ 5 软件评价	16
5.1 可用性	17
5.2 可移植性	19
5.3 可维护性	20
5.4 文档的完善性	21
§ 6 软件工程方法概述	22
6.1 软件的生存期	22
6.2 软件工程原理	26
6.3 软件开发模式	27
§ 7 软件工程管理	29

7.1	制定和实施软件工程标准	30
7.2	人员组织管理	31
7.3	计划进度管理	32
7.4	软件信息库	33
§ 8	软件工具与软件工程环境	34
8.1	软件工具	34
8.2	软件工程环境 (SEE)	35
第二章	需求分析	38
§ 1	引言	38
§ 2	需求定义方法	40
2.1	问题模型定义	41
2.2	输入—输出说明定义	43
2.3	问题求解过程定义	43
2.4	事务元定义	44
§ 3	系统分析方法	44
3.1	系统分析要点	44
3.2	功能分析方法	47
3.3	数据流分析方法	51
3.4	数据流分解和功能分解相结合的分析方法	55
§ 4	数据分析与设计	57
4.1	数据结构	58
4.2	广义可变数组	59
4.3	复杂数据结构的逻辑表示	61
4.4	数据分析与设计准则	63
§ 5	需求分析说明	64
5.1	需求定义说明	64
5.2	系统分析说明	66
5.3	需求分析评审	69
§ 6	例	70
第三章	软件开发方法论	75
§ 1	引言	75
§ 2	软件开发的知识体系	76

2.1	知识体系	77
2.2	认识途径	78
§ 3	系统设计方法	80
3.1	系统设计方法的思想要点	80
3.2	面向控制结构的设计方法	82
3.3	面向对象的设计方法	87
§ 4	系统构造模式	93
4.1	嵌入 FORTRAN 语言的模式	94
4.2	集成化构造模式	97
4.3	第四代语言模式	100
4.4	建立专用的集成化的软件环境	105
§ 5	系统开发原则	114
第四章	用户接口设计	116
§ 1	引言	116
§ 2	用户接口设计的常规技术	121
2.1	用户接口设计的心理障碍	121
2.2	常规的用户接口设计	122
§ 3	POL语言的设计	124
3.1	POL 语言之例	124
3.2	语言定义	129
3.3	句子识别	132
3.4	补充规则	133
3.5	重复句型的表示方法	136
3.6	语法终结符	137
3.7	例	137
§ 4	POL编译程序的生成技术	141
4.1	POL的编译过程	142
4.2	语法图	143
4.3	语法的数据结构	147
4.4	POL 编译程序	150
4.5	POL 编译程序的自展技术	152
4.6	BDP/SS 的 POL 编译技术	153

4.7 使用YACC生成POL编译程序.....	158
第五章 算法设计	160
§ 1 引言.....	160
§ 2 一般软件的算法设计.....	162
2.1 算法选择与构造.....	163
2.2 算法性能评价.....	165
2.3 算法库.....	169
2.4 算法结构.....	172
2.5 例.....	172
§ 3 算法的自适应组织.....	180
3.1 算法自适应组织的抽象表述.....	180
3.2 构造自适应管理算法的实用方法.....	181
3.3 自适应管理算法评价.....	186
3.4 自适应软件的系统结构.....	189
§ 4 决策表技术.....	190
4.1 决策表.....	190
4.2 完善决策表.....	195
4.3 生成决策算法.....	200
第六章 结构设计	205
§ 1 引言.....	205
§ 2 结构设计的表现技术.....	207
2.1 结构图及其说明.....	208
2.2 结构设计步骤.....	211
§ 3 模块特征度量与优化结构准则.....	212
3.1 内聚性.....	212
3.2 耦合度.....	214
3.3 良态结构设计准则.....	216
§ 4 基于功能算法结构图的结构设计.....	219
4.1 方法要点.....	219
4.2 例.....	220
§ 5 基于数据流图的结构设计.....	232
5.1 DFD图分类.....	232

5.2	变换型 DFD 图到软件结构	233
5.3	事务基元中心型 DFD 图到软件结构	235
§ 6	总体设计评审	236
第七章	细部设计	238
§ 1	引言	238
§ 2	Jackson 方法	241
2.1	JSP 方法	241
2.2	应用之例	243
§ 3	程序逻辑表现技术	251
3.1	盒式图	253
3.2	PAD 图	254
3.3	PDL 语言	259
§ 4	算法过程的设计	265
4.1	算法分析与设计	266
4.2	算法过程设计之例	267
§ 5	模块设计	271
5.1	模块设计步骤	271
5.2	模块设计说明之例	272
第八章	实现方法与维护	280
§ 1	引言	280
§ 2	编程	280
2.1	语言选择	281
2.2	编程规则	283
2.3	静态检查	287
§ 3	调试	287
3.1	软件测试	289
3.2	排错	290
3.3	模块调试	292
3.4	利用 PAD 图设计模块测试数例	293
3.5	联调、试算与优化	295
3.6	程序的正确性证明	297
§ 4	测试验收	298

4.1 确认性测试.....	298
4.2 验收.....	300
§ 5 软件维护.....	302
5.1 维护的重要性.....	302
5.2 维护的艰苦性.....	303
5.3 软件的可维护性.....	304
5.4 维护方法.....	305
结束语	307
参考文献	308

第一章 绪 论

§1 引 言

45年前，世界上第一台电子计算机在美国诞生。它比机械式计算机提高速度约一千倍，并且首先被应用于尖端科学和工程技术领域。因为预先将计算程序存贮进去是电子计算机的工作特点之一，故第一代科学工程计算程序也就随之诞生。

45年来，计算机硬件，无论在计算速度、存贮容量、外部设备，还是机器类型都有了突飞猛进的发展，发生了天翻地覆的变化。计算速度提高了 10^{10} 倍；主机成本每2—3年降低一半，内、外存成本每年降低40%，硬件的性能价格比每十年提高一个数量级；出现了大、中、小、微型计算机及向量计算机、并行多处理机、超级巨型机和超级微型机等各种类型的计算机。计算机已经广泛地应用于国民经济建设和社会生活的各个方面，成为当今信息社会的主要支柱，成为新的工业革命的重要标志。计算机推广应用的程度已经成为衡量一个国家现代化水平的主要指标之一。值得指出，就计算机的应用领域来看，最新式的巨型计算机和超级微机仍然是首先应用于高科技领域，推进科学研究和工程技术的进步。

45年来，伴随着计算机硬件的发展，计算机软件的研制和应用也发生着巨大的变化。软件已经在计算机系统中占据着半边天的地位，对于计算机的每个应用来说，软件，特别是应用软件扮演着主要角色。但是，与硬件不同，软件的发展不是那么顺利，它经历了软件危机时期的曲折发展道路。虽然今天的软件已经达到用户基本满意的程度，可以作为知识密集型产品在市场上销售，但是与计算机硬件和社会对软件的需求相比，“软件瓶颈”问题并未解决，应用软件供不应求的现象相当严重。

45年来,在应用软件方面,科学工程应用软件一直是作为一个独立分支发展的。到目前为止,已经积累了相当丰富的软件资源。但是随着巨型计算机的发展和科学技术的进步,更大规模科学工程应用软件的需求已经出现,为了多快好省地研制出高质量和高水平的软件,以促进科学研究和工程技术的新发展,必须加强科学工程应用软件开发方法和技术的研究,本书就是在这一背景下诞生的。

本章作为本书的绪论,首先介绍科学工程软件现状,发展趋势及有关问题,说明研制它们需要软件工程方法,然后概要叙述与开发有关的软件工程的研究领域。

§2 软件及其分类

2.1 程序与软件

程序是计算机用户自己为使计算机完成某项特定的任务而编写的一个有序的命令和数据的集合。这些命令可以是计算机指令,也可以是某种高级计算机语言的语句。而特定的任务可以是计算某个具体问题,控制某一制作的工艺流程,或者处理某件日常事务。一般的用户程序属研制者本人所有,即程序的研制者、用户、维护者是同一批人。

软件是程序的完善和发展,它是经过严格的正确性检验和实际试用,并具有相对稳定的文本和完整的文档资料的程序。这些文档资料包括功能说明、算法说明、结构说明、使用说明和维护说明。一般说来,软件的用户多数不是开发者本人,软件可以作为商品在市场上出售。

大中型软件往往称之为“××系统”,因此“系统”是本书的一个常用名词。系统有大有小,一般而言,系统是指为了完成某项任务或论述某个实体,能够方便地和其他事物相区别,而被独立研究或讨论的对象。例如,计算机系统、硬件系统、软件系统、

操作系统、编译系统、数据管理系统、有限元分析系统、土建CAD 系统等等。通常把围绕着系统，且支持系统运行的部分，称之为系统的环境。因此，每个系统既是受自身的任务、作用和组成实体所规定，也受其支持环境的制约。

按软件工程观点看，程序、软件或软件系统应该由一个个程序模块组成。模块应该是具有独立功能，可以单独命名和单独编程的程序体。按其功能特点，模块可分为控制模块、算法模块、数据管理模块、输入输出模块等等；按其在程序中的地位，模块又可分为上级模块、中级模块和基本模块等。“模块”是本书又一个常用名词，其具体涵义将逐步阐明。

2.2 软件分类

软件按其其与计算机硬件和用户的关系，可以分为系统软件、支持性软件和应用软件，图 1.1 显示了它们的层次性关系。

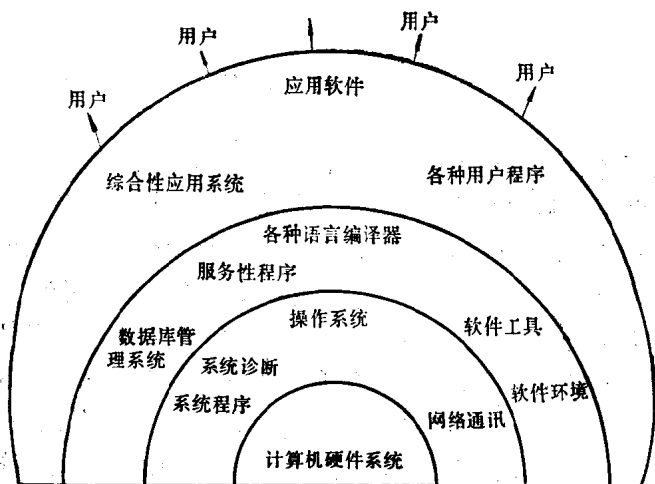


图 1.1 软件的层次性分类

系统软件是和计算机硬件关系最密切的软件，其功能是具体实施计算机硬件资源管理和计算机运行中的最内层作业管理，目

标是提高计算机系统的利用指数,是计算机系统的不可分割的组成部分,具有共享性、公用性和基础性等特点。它是各种支持性软件和应用软件生存和工作的基础,是计算机用户所必需的软件。系统软件包括操作系统、网络通讯软件、系统诊断软件和系统服务程序等。

支持性软件是指支持应用软件开发和运行的软件、软件工具和软件环境,是介于系统软件和应用软件之间的一类软件。它们还可以再分成如下四类:

- 语言处理软件。例如各种程序设计语言编译器,数据流语言、人工智能语言和图形语言处理软件等;
- 数据库管理系统;
- 软件开发、维护和管理工具以及服务性程序。例如各种程序生成工具、用户接口工具、维护工具以及实施项目和软件配置管理的工具等;
- 软件开发与运行环境。这是一类先进的和迅速发展中的支持性软件。

2.3 应用 软 件

随着计算机应用于各行各业,便产生了各种各样的应用软件。科学家和工程师们把分析各种科学研究和工程技术问题的数值计算方法和公式编成软件,就是科学工程应用软件;工程师们把生产工艺流程的控制方法和技术编成软件,就是工业控制软件;各行各业的实业家,把日常事务处理计算机化,就产生了事务处理软件;各种各样的情报中心,把信息的搜集、编辑、存贮和利用计算机化,就形成了数据库及其信息管理系统。应用软件的分 类大致如图1.2所示。应用软件是各个领域计算机化的开路先锋。哪个行业有了一套行之有效的应用软件,计算机就会在那个行业得到迅速而成功地推广应用。

应用软件一般都采用高级语言编程,与硬件和系统软件相对