胡克瑾　编著

# 软件工程基础

RUANJIAN GONGCHENG JICHU

上海科学技术出版社

# 软件工程基础

胡克瑾 编著


上海科学技术出版社

责任编辑　唐仲华



**软件工程基础**

胡克瑾　编著

上海科学技术出版社出版

（上海瑞金二路450号）

新华书店上海发行所发行　江苏扬中印刷厂印刷

开本 850×1156　1/32　印张 10　字数 263,000

1986年10月第1版　1986年10月第1次印刷

印数 1—6,700

统一书号：13119·1367　　定价：2.25元

# 前　言

“软件工程”这门新兴学科从六十年代末期开始得到发展，特别是在最近十年内，其发展的速度是惊人的。目前，无论在欧美、日本，还是在我国，有不少软件专家在从事这方面的研究与开发。软件工程已成为软件产业的基础。

本书从软件工程的一些基本概念开始，阐明如何经济地开发高质量的可靠软件。重点介绍从用户提出需求开始到运行维护为止的软件生存期各阶段的技术与方法论，这些技术与方法论对软件的实际开发过程具有一定的指导意义。

为了使读者对软件开发全过程有一个全面的感性了解，本书以日本学会事务中心信息处理系统的例子贯穿全书。通过从该系统的提出开始，经过分析、设计、实现、测试到运行维护为止的全过程的介绍，使读者理解如何以软件工程的理论来指导一个具体的信息处理系统的开发与维护。

本书共分七章：第一章序论，介绍软件工程一些基本概念；第二章～第五章从系统分析工程开始到运行维护工程为止的软件全生存期各工程的介绍；第六章介绍软件工具与环境；第七章软件估价方法的介绍。为了帮助读者理解与掌握新的技术与方法，各章尽量多用图形与例子来说明问题。

本书可供系统分析员、设计员以及软件管理人员阅读，也可用于软件人员自学或在实际工作中作参考。并对重视软件工程研究的研究生与软件专业的大学生也有一定的参考价值。

在本书编写的过程中，得到上海计算技术研究所副研究员钱鹤同志与吴幼良同志的指导与帮助，在此表示感谢。

胡克瑾　1985年2月

# 目　录

# 第一章 序 论

在迎接信息时代、向信息社会迈进中，信息社会的灵魂是作为“信息处理机”的电子计算机。今天的计算机从超大型计算机到微型的个人计算机，其种类是相当多的。计算机不仅用于钢铁、汽车制造等产业界，而且还广泛地用于政府机关、银行、学校、医院、商店等业务部门，甚至到家庭。其结果计算机渗透到社会与生活的各个方面，给人类的生活带来极大的影响。可以说信息社会中计算机是不可缺少的。

各种计算机的应用不仅依赖于硬件以及与它组合的外围设备的多样化，而且更重要是依赖于软件。特别是大规模集成电路LSI等技术的飞速发展，使硬件的可靠性提高，性能增强，价格降低。这样，软件成为关键，加上软件本身是看不见、摸不着的包含算法、思想等知识密集型的非物理实体，所以对软件的研究是向信息时代跨入的第一步。

## 1.1 软件与软件工程

### 1.1.1 程序与文档

计算机是由硬件与软件两大部分组成的，没有软件的计算机称为裸机，裸机是不能进行处理、完成各种功能的。为了进行各种处理，把处理的顺序用某种指令书写的程序来表现，且程序可存贮在计算机内，由程序控制计算机实现各种处理过程。

用计算机进行信息处理，程序是不可缺少的。相对硬件而言，程序群称为软件。硬件与软件合成一体，完成信息处理系统的功能。也就是说计算机软件的实体是程序，而程序是使实际存在的

计算机动起来的指令序列，软件的概念是从这样实际的问题开始的。

随着计算机应用的日渐普及，软件变得越来越复杂，规模也越来越大，超过一百万条指令，由几百人经过几年时间开发是常见的。但不管什么系统都不会是百分之百的自动化，而是由人介入的人与计算机共存的系统，所以人与机之间如何互相了解，怎样方便地理解计算机执行的程序，文档(document 即各种规格书、说明书、用户手册等的总称)是不可缺少的。特别当软件成为商品时，软件与程序的概念有所不同，程序是指源程序或机器执行的代码，而软件是指程序与文档。

### 1.1.2 软件工程登台

一般地说，从事软件工作的人所关心的是"如何经济地开发出可靠性高的软件"这样一个问题，这个问题涉及的面很广。

不同的应用条件对软件的要求不同，就连衡量好的程序的标准，根据应用条件不同也不同。从技术角度出发，认为在完成同样功能的前提下，以作业步最少、执行速度最快为好的程序，但也不能一概而论。例如，飞机内的航空控制计算机系统，由于飞机的重量与体积的限制，对系统存贮容量严格地规定，即使超过一位(bit)，该应用系统就不成立，此时，以程序短，存贮量少为好的程序标准，所以在减少存贮容量上要化更大的努力。

但不是对所有系统都给予这样的限制，根据不同情况限制条件不一。又如，为了得到某些信息资料，对一周内经营的信息进行分析，把分析结果打印成表格提供给经理。在这种情况下，程序的存贮容量不是主要问题，而重要的是在限定的期限内，以便于阅读的形式尽早地输出结果表格。

由于各种用户使用计算机的条件不同，因而对程序的要求也不一样。程序主要是为用户而存在的，如果没有满足用户的要求，程序即使设计得很好也是无价值的。当然，如程序中有错，不能使机器正确地动作，那么，即使程序是按用户需求设计的，也同样是没有意义的。一般说来，好的程序应满足如下条件：

1）能满足用户的需求；

2）正确的(没有错误)；

3）运行效率高；

4）具有强有力的诊断与故障修复能力；

5）容易变更、修正；

6）容易理解、使用方便.

能开发好的程序的软件专业人员，特别是系统分析员与系统设计员是很缺乏的．能很好地把程序员的能力与项目的进展结合的有能力的管理员也是不足的．如何把握软件开发的进展状况，组内成员如何协调，很好地相互交换信息这是管理员的职责．人才对于软件的开发是最重要的，必须重视对软件专业人员的培养．

其次是软件的费用问题．硬件由于发展迅速，从而使成本大大降低．但是大规模系统的软件开发则是十分困难的，陷入软件危机的泥坑．如今在系统成本中，硬件仅占百分之三十以下，而软件成本则上升为百分之七十以上．这是极其深刻的问题．见图 1.1——软件与硬件成本比．开发的成本从软件角度看好比是冰山的一角，太阳照后，融化了什么也没有．采用人海战术，投入大量的人员，化费了昂贵的人工，可能什么也得不到．还有，庞大的软件系统从开发结束到开始运行，即到取代旧系统为止的时间可能比开发的时间还要长．有的系统实际运行开始后，维护费用竟达到开发费用的三倍以上．这些问题都说明如何降低软件成本，开发出易于修正、易于维护的软件是迫不及待的了．

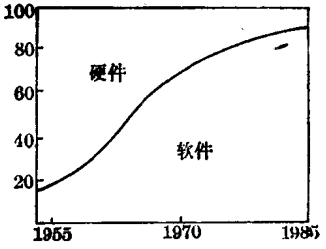

图 1.1　软件与硬件成本比

还有一个软件的可靠性问题．在今天，计算机对社会活动的各个方面起到积极的作用，软件的故障不仅仅是计算机系统内部的问题，而且也会直接成为社会问题，这一点也不夸张．例如，曾在日本报纸上热闹过一时的日本社会保险厅的计算错误事件，使

十几万人遭到经济上的损失．还有几年前日本四国发生的水库冲击事件，由于闸门控制程序中的错误，使闸门突然全部打开，下流水位急剧上升，幸好还未伤及人命．后来调查才明白是由于实际运行了两年以上的系统还留有错误所造成的．在计算机技术先进的美国，如ABM导弹系统的成败，直接取决于计算机系统的动作（系统由几十万条指令组成）．因此一个国家的安全直接与软件的可靠性有关．最近在一些国家出现的通过计算机犯罪的问题都说明软件的可靠性对社会有直接的影响．这些危险，随着计算机应用范围的扩大还会增加．目前由于微机应用的广泛普及，会使一个错误危及到几十万用户．

考虑到以上这些问题，要经济地作出可靠性高的软件，单凭经验与直观是不行的，而应立足于更加科学的基础上，这样就产生了软件工程．那么，到底什么是软件工程呢？由于这个领域还刚刚开始，其定义也是多种多样的．这儿以Boehm的定义为主．所谓软件工程是“在软件（包括程序与文档）设计、实现、检查、运行、维护各个过程中适用的立足于科学基础上的实用方法”．

软件工程是在工程化地系统地进行软件的开发与维护的努力中，六十年代后期开始发展起来的新领域．它在与计算机信息处理系统普及的同时与工程各领域有着密切的关系．也可以说软件工程是由以下背景而登上舞台的．

其一，为了培养软件专业人员，或为了提高他们的水平要进行训练，需要好的教材．要得到教材，就必须对已有的软件开发技术或技巧进行收集、整理，并在科学的基础上进行归纳，开始了软件工程的研究．

其二，由于系统的大型化、复杂化，软件的开发往往是由很多人组成的小组来完成的．所以，必须确立软件工程化的开发及维护的方法与手段，这样软件工程登上了舞台．为了提高软件的可靠性，开始重视保证软件质量的技术．例如，在宇宙火箭、宇宙飞船实时控制与核试验设备中的软件研制，为了保证软件的高度可靠，开始进行“需求工程”（包括需求规格技术）的研究等．

不用说编著教材和确立软件开发、维护的方法与手段其目的不同，倾向也不同．教材容易偏向理论方面，而方法与手段易偏向于现有技术的利用与实践．软件工程是通过理论-实践周期，也就是根据理论进行实践，然后用实践的结果修正理论，再实践，再修正的反复，成为一种理论实用体系．结构分析与设计、由顶向下逐步求精的方法、模块展开法、形式描述等等许多理论开始用于软件开发的实践．其中有代表性的如美国密执安大学的 PSL/PSA、SOFTECH 公司的 SADT、TRW 公司的 SREM 等都是很有影响的．

软件工程涉及到很多方面，其目的是从理论与实际两方面确立软件分析、设计、实现、测试、运行、维护、管理、评价的原理与技术，系统地、经济地开发可靠性高的软件．

### 1.1.3 软件工程基础理论

自从出现计算机以来，产生了以硬件与软件为对象的计算机科学(Computer Science)和信息科学(Information Science)，并不断地得到发展．这些理论与软件工程的关系如何？软件的实体是程序，把程序作为一种数学对象的理论，即程序理论最早是在一九六〇年提出的，其中以程序模块化、形式描述、正确性证明等为主要课题．程序理论对软件工程有着一定的影响．

在软件系统开发的实践中，经验主义与现实主义的倾向很强．由于受系统的开发条件即工时、交付期、可使用的工具类和经费等的限制，对各种问题的解决，临时应付很多．因此希望确立软件系统分析、设计、实现、测试、维护与评价的方法，并要有一套完整的技术体系与工程体系，这就需要研究支撑这些体系的基础理论．但考虑的必需是立足于实际问题的理论．

软件工程的理论第一是要客观地描述作为软件实体的程序或系统结构的性质；第二是要对描述的对象进行变换、导出、合成等操作．

程序中包含着许多实际问题，而作为程序验证基础的数理逻辑是一门纯粹的数学理论，软件工程的理论应该把数学理论与实

际联系起来加以考虑。

图 1.2 表示软件工程理论体系的层次关系。最低层表示为各种实际问题的程序系统。首先要考虑的是描述具体的程序系统结构、性质的一些概念与方法，即形式描述。如模块化方法、程序设计形式描述方法和需求规格的描述等。在此基础上进入下一阶段的形式操作，即在模块基础上进行变换、合成、导出等操作。例如，用于程序正确性证明的公理等。最后归纳为数学理论。这儿需要说明的是，在用于形式描述的理论体系中，从具体问题得到直感比较多；而用于形式操作的理论体系抽象化程度强。因此，作为软件

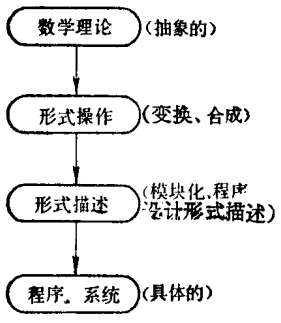


图 1.2 理论体系的层次关系

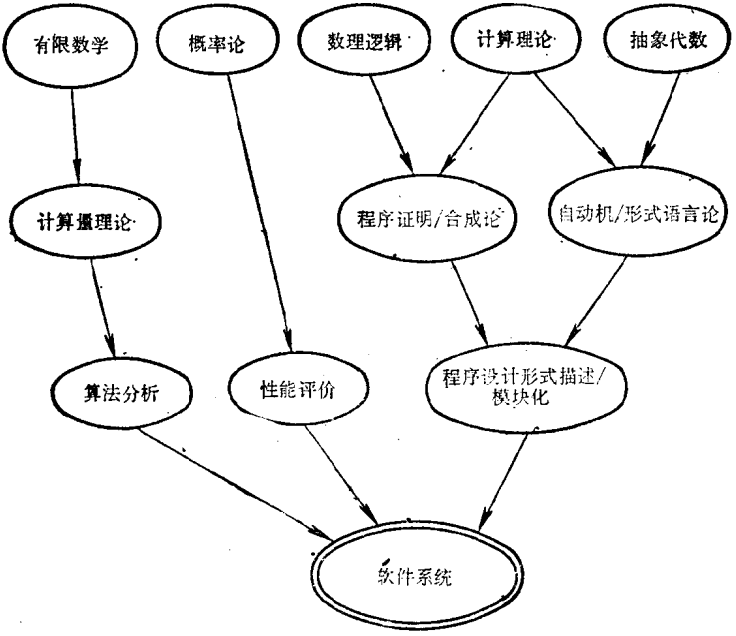


图 1.3 理论体系的关系

工程的理论体系希望是两者兼备的理论体系。

图1.3表示软件工程几个基础理论体系的相互关系。但是，这些关系不仅限于图示的内容。例如，作为有限数学一部分的图论在许多情况下被利用，在程序设计形式描述/模块化理论中也常常作为方便的手段使用。

有关软件系统的定性讨论，有自动机/形式语言论、程序证明/合成论、程序设计形式描述/模块化等。有关定量讨论有性能评价模式、计算量理论、算法分析等。通过这两方面的充分讨论，其理论体系成为高效率地实现高可靠性软件系统的理论基础。

## 1.2 软件生产环境

### 1.2.1 环境的变化

由于硬件技术的发展、计算机使用的普及，软件的需求量增加，软件的生产环境也在不断地起着变化（参考图1.4软件生产环境的变化）。

最原始的软件生产环境是使用纸和笔以及机器指令的个体作坊式环境。组织形式是由一个或几个程序员（或编码员）组成。生产出的产品是程序加上一些程序说明，使用的范围是以程序员本身为中心的极小范围。当时多数是手编指令（即机器指令），程序只有编程序的人即程序员本人理解，别人读程序要化很大的功夫。因此这种程序的价值很差，一般自己编了自己用，用后即

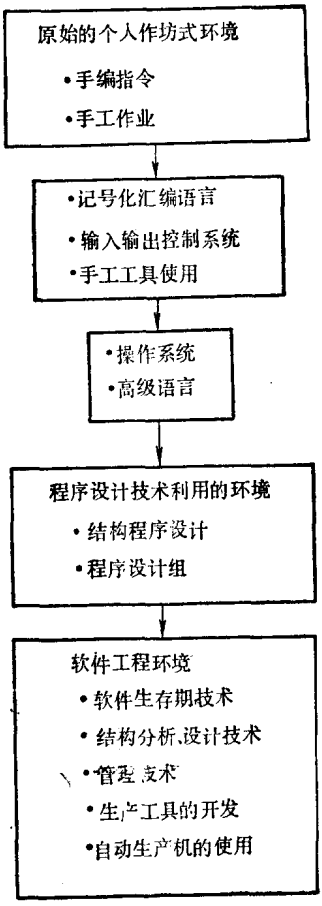


图1.4 软件生产环境的变化

丢。由于机器指令的许多麻烦产生了与机器指令相对应的汇编语言，还产生了输入输出控制系统等。但这些都没有摆脱个人技巧的生产方式，软件还是附属于硬件的个人财产。这个阶段称为程序员时代或个人时代，大约在五十年代到一九六二年左右。

随着主机 CPU 处理速度的提高，产生了操作系统与各种高级语言，加上软件在计算机费用中所占的比重增加，前面那种个人作坊式以及个人技巧的软件生产方式已远远跟不上需要，无论在经济上或组织上已是不允许的。为了适应多种需要，完成各个系统，软件人员组合在一起，形成了设计组。设计组中的所有人员从设计开始，编制程序、调试、测试、到编写用户手册都是根据组中各人分担的一部分进行均等的生产。也就是说按软件功能把整个系统分成几部分，由各人对分担的部分进行开发，因此这个时期的软件生产具有软件全过程（从初期阶段计划开始、设计、实现到维护）被分担的特色。生产出的产品是程序与文档（指说明书与用户手册）。产品仅在特定的硬件范围内可使用，是专为该硬件范围提供的服务。此时以程序设计阶段为重点，对各种技术技巧进行研究，如图 1.5 所示，高级语言、结构程序设计、分时会话方式等的实现。

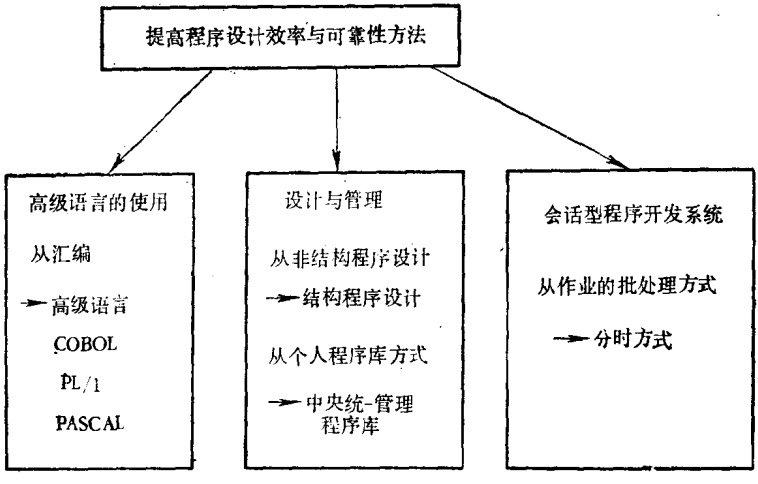


图 1.5　程序设计阶段技术