



军事科学院·军事理论著作
Military Academic Works, Academy of Military Science

MILITARY SOFTWARE ENGINEERING AND PRACTICE

军用软件工程与实践

胡 斌 编著

 军事科学出版社

军事科学院·军事理论著作

军用软件工程与实践

胡 斌 编著

军事科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

军用软件工程与实践/胡斌编著. —北京:
军事科学出版社, 2014. 5

ISBN 978 - 7 - 80237 - 659 - 5

I. ①军… II. ①胡… III. ①军用计算机—
软件工程 IV. ①E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 276942 号

书 名: 军用软件工程与实践

作 者: 胡 斌

责任编辑: 常巧章

封面设计: 倪春昊

出版发行: 军事科学出版社(北京市海淀区青龙桥 100091)

标准书号: ISBN 978 - 7 - 80237 - 659 - 5

经 销 者: 全国新华书店

印 刷 者: 北京鑫海达印刷有限公司

开 本: 700 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张: 16.75

字 数: 220 千字

版 次: 2014 年 5 月北京第 1 版

印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 2000 册

定 价: 33.50 元

销售热线: (010)62882626 66768547(兼传)

网 址: <http://www.jskxcbs.com>

电子邮箱: jskxcbs@163.com

版权所有·侵权必究 本社图书如有印装质量问题,请与储运部联系(010-66767383)

前 言

军用软件是应用于军事领域或军事目的的一类软件,针对军用软件的特点,采用软件工程的理论、原理和方法来组织和管理军用软件的开发,是提高军用软件质量和开发效率的有效手段。

软件工程是一门计算机技术与管理科学相结合的工程学科,是计算机科学的一个重要分支,它利用工程学的原理和方法来组织和管理软件的开发,以保证软件产品的质量,提高软件产品开发的效率。软件工程作为一门工程学科,在计算机领域的地位越来越重要,不但大型软件项目开发需要它,就是一般规模甚至是小型的软件项目也需要运用它的概念、原则和方法来开发。从事软件相关工作的各类人员如软件分析人员、设计人员、编程人员、测试人员、维护人员、管理人员,甚至是软件用户,都需要了解和掌握软件工程的相关知识。

本书系统介绍了与军用软件有关的软件工程的相关概念、原理、技术、方法、标准和管理技术,强调了军用软件工程相关的国家军用标准和管理规定对军用软件开发的指导;针对军事运筹学专业领域的特点,特别增加了作战建模与仿真校核、验证与确认的相关内容,突出了军事运筹学专业军用软件工程的实践性。

全书共分 10 章,第 1 章军用软件工程概述,第 2 章军用软件项目管理,第 3 章军用软件文档管理,第 4 章军用软件配置管理,第 5 章军用软件质量管理,第 6 章军用软件工程标准化,第 7 章军用软件风险管理,第 8 章军用软件测试,第 9 章军用软件研制能力成熟度模型,第 10 章作战建模与仿真校核、验证与确认。

本书可作为从事军用软件开发的技术人员与管理人员的参考

书,也可作为研究生特别是军事运筹学专业研究生学习军用软件工程的教材。

在本书的成稿过程中,军事科学院军事运筹分析研究所所长李辉研究员审阅了初稿并对本书的框架提出了建议,总参某研究所谈利群主任、总装军用标准化办公室程旭辉总工程师结合国家军用标准的实施对本书提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢!本书的出版得到了军事科学出版社的大力支持和帮助,在此也表示感谢!

由于作者水平所限,本书中的错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2013 年 8 月



第1章 军用软件工程概述	(1)
1.1 引 言	(1)
1.2 军用软件的概念、特点与分类	(3)
1.3 软件危机与软件的发展阶段	(7)
1.4 软件工程化与软件工程学	(13)
1.5 军用软件生存期与软件生存期模型	(21)
1.6 军用软件生存期的基本任务	(29)
1.7 军用软件开发的一般要求	(33)
第2章 军用软件项目管理	(36)
2.1 引 言	(36)
2.2 软件项目管理概述	(37)
2.3 项目管理的内容	(43)
2.4 军用软件项目管理的任务与要求	(49)
2.5 军用软件运行与维护管理	(55)
2.6 军用软件项目管理工程实践	(56)
第3章 军用软件文档管理	(59)
3.1 软件文档的概念	(59)
3.2 软件文档的作用	(60)
3.3 军用软件开发文档编制	(61)
3.4 军用软件文档管理要求	(66)

3.5	军用软件文档正文格式要求	(72)
第4章	军用软件配置管理	(73)
4.1	软件配置管理概述	(73)
4.2	软件配置管理过程与实施	(77)
4.3	软件配置管理的主要内容	(81)
4.4	军用软件配置管理要点	(91)
4.5	软件维护与软件配置管理的区别	(92)
第5章	军用软件质量管理	(94)
5.1	软件质量基础	(94)
5.2	项目质量管理	(99)
5.3	军用软件质量管理概述	(101)
5.4	军用软件质量度量	(106)
5.5	军用软件质量模型	(109)
5.6	军用软件质量保证	(111)
第6章	军用软件工程标准化	(115)
6.1	软件工程标准的分类	(115)
6.2	军用软件工程标准	(118)
6.3	军用软件工程标准化的发展	(120)
6.4	军用软件工程标准化的意义	(122)
6.5	军用软件工程标准化的作用	(123)
6.6	军用软件工程标准化存在的问题	(124)
第7章	军用软件风险管理	(125)
7.1	风险的基本概念	(125)
7.2	风险管理的基本概念	(127)
7.3	风险管理策略	(128)
7.4	软件项目风险管理过程	(129)
7.5	风险识别的方法与工具	(132)
7.6	风险管理的演化过程	(134)
第8章	军用软件测试	(136)
8.1	软件测试概述	(136)

8.2	软件测试的分类方法	(141)
8.3	黑盒测试与白盒测试	(146)
8.4	软件测试自动化与软件测试工具	(148)
8.5	软件缺陷与跟踪	(151)
8.6	软件测试管理	(162)
8.7	军用软件测评通用要求	(164)
8.8	软件测试相关的国家军用标准	(166)
第9章	军用软件研制能力成熟度模型	(167)
9.1	软件能力成熟度模型的背景与发展	(167)
9.2	软件能力成熟度模型的作用	(169)
9.3	软件能力成熟度模型基础	(171)
9.4	GJB5000A 的发展与适用范围	(177)
9.5	军用软件研制能力成熟度模型框架	(179)
9.6	军用软件研制能力成熟度模型的表示方法	(183)
9.7	军用软件研制能力成熟度模型的过程域	(196)
9.8	软件能力成熟度模型 过程域之间的关系	(199)
9.9	软件能力成熟度模型的 共用目标和共用实践	(207)
9.10	GJB5000A 与相关标准的比较	(212)
第10章	作战建模与仿真校核、验证与确认	(218)
10.1	引 言	(218)
10.2	作战建模与仿真概述	(219)
10.3	作战建模与仿真 VV&A 概述	(227)
10.4	作战建模与仿真 VV&A 的原则	(235)
10.5	作战建模与仿真 VV&A 组织机制与职责	(236)
10.6	作战建模与仿真 VV&A 过程模型	(240)
10.7	作战建模与仿真 VV&A 评价过程与内容	(243)
10.8	军事概念模型 VV&A	(246)
	参考文献	(255)

第 1 章

军用软件工程概述

1.1 引言

随着计算机技术的迅速发展和应用普及,计算机及其软件已经给人类社会的生产方式、生活方式和人们的思维方式带来了革命性的巨大变化。计算机软件开发规模、应用数量急剧扩大,特别是对软件的质量要求也越来越高。软件的高速发展,急需规范以软件项目为中心的工程环境。

由于软件的设计和修改非常灵活方便,随着战场信息化趋势的发展,使得在战场环境中(包括武器装备平台、指挥控制系统、后装保障系统等)使用的计算机越来越多,软件无处不在,武器装备中许多原来由硬件实现的功能改由软件完成,特别是嵌入式软件完成的功能越来越多,各种军事工程项目和武器系统的功能和性能越来越依赖于计算机软件,软件已成为完成各种任务,特别是嵌入式应用的关键。如在美国的第二代飞机 F-111 中,嵌入式软件约为 51K,80% 的功能都由硬件实现,只有 20% 的功能由软件实现;在第三代飞机 F-16 中,嵌入式软件上升到 128K,60% 的功能由硬件实现,40% 的功能由软件实现;而到了第四代飞机 F-22,嵌入式软件达到 1700K,由硬件实现的功能只占 20%,而 80% 的功能由软件来实现。计算机软件在其他军事领域的应用情况也大致如此。正是国防与军事应用上的巨大需求,才导致了计算机科学的爆发式发展,软件的作用越来越重要,这些都带来了对软件和软件开发的巨大需求。因此,

软件项目开发作为一个工程项目,其技术方法与管理手段就变得越来越重要。

20世纪60年代以前,人们还没有软件开发的观念,只有程序设计的说法,直到1968年,北大西洋公约组织(NATO)科学委员会在德国加尔密斯(Garmisch)召开的计算机学术会议上讨论了软件危机和软件可靠性的问题,正式提出了“软件危机”的概念,产生了关于“软件工程”的加尔密斯报告,才首次提出了“软件工程”的问题。

软件工程首先是为了解决软件危机而提出来的,其目的是要用先进而成功的软件开发技术和经验,通过工程化的管理方法与技术,把软件开发人员的技术与管理能力提升到更高的水平。

软件工程是用工程手段来研究计算机软件开发方法的科学。广义来讲,一切有利于软件生产效率、改进软件质量的科学方法,都属于软件工程的研究范畴,但这些方法必须经过软件工程实践的严格检验。软件技术的迅速发展和飞跃进步,使得软件开发已不再是少数天才和专家的专利,而是广大用户都可以参与和直接开发的应用项目。软件工程为软件开发人员提供了可视的结构和有序的分析问题的方法,同时,通过对大量成功的软件设计经验的总结,使软件开发人员在面对新的项目时,可以充分利用大量可重用的模板、框架和部件库等等。软件工程与技术方法正受到越来越多人的关注与重视。

20世纪90年代以来,软件工程作为一门工程学科,在计算机领域的地位越来越重要,不但大型软件开发项目需要它,就是一般规模甚至是小型的软件项目也需要运用它的概念、原则和方法来开发。从事软件相关工作的各类人员如软件分析人员、软件设计人员、软件实现人员、软件测试人员、软件维护人员、软件管理人员,甚至是软件用户,都需要了解和掌握软件工程的相关知识。无数的事实也证明,不掌握软件工程的相关知识,不按照软件工程的要求去开发软件项目,完成和提供给用户的软件产品必定是低质量、低效率、低可靠性,难以维护,且难以满足用户的需求。

软件工程是一门技术与管理相结合的学科,本章我们首先从军用软件的概念开始,介绍军用软件的特点与分类,通过介绍软件危机,引入软件工程化,进而发展为软件工程学这一解决软件问题的有效方法,最后,阐述军用软件生存周期以及软件生存周期模型的有关内容。

1.2 军用软件的概念、特点与分类

1.2.1 军用软件的概念

随着军队信息化水平的不断提高,军用软件已经渗透到军事应用的各个领域,成为军事系统和武器装备体系中不可或缺的重要组成部分。现代武器系统之所以被称为“智能”武器,其关键的原因就是软件为武器系统提供了“大脑”。

计算机软件与硬件一起构成了一个完整的计算机系统。软件是指与操作一个计算机有关的计算机程序,使程序能够正确运行的按照一定结构组成的数据,以及描述程序开发过程与方法的文档组成的集合。

根据我国国家军用标准 GJB5236 - 2004《军用软件质量度量》所给出的定义,软件是独立于所记录媒体的智力创作,它是信息处理系统的部分或全部程序、数据、规程、规则及其相关文档。软件产品是一组计算机程序、规程以及可能有的相关文档和数据。软件产品包括软件中间产品,以及预备提供给开发者和维护者等用户使用的产品。

军用软件通常是指应用于军用领域或用于军事目的的一类软件。下面我们给出军用软件的定义:

军用软件(以下简称软件)是由一系列计算机程序与规程、数据以及相关文档组成的集合,如图 1.1 所示。

从图 1.1 中我们可以看出,软件并不简单地等同于计算机程序,

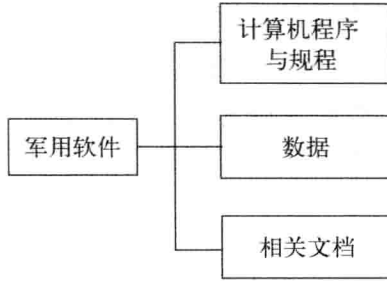


图 1.1 军用软件的组成

程序只是由一系列指令序列组成的集合。

1.2.2 军用软件的特点

1.2.2.1 软件的特点

软件作为一种智力产品是一种无形的逻辑部件,相对于传统的工业产品,软件具有以下独特的特点:

- (1) 软件是逻辑实体,具有抽象性;
- (2) 软件生产与硬件生产不同,它没有明显的制造过程,其质量控制、开发和监控等过程不完全等同于硬件,针对硬件研制生产的一些成熟的技术和管理方法不完全适用于软件;
- (3) 软件作为一种产品,没有折旧的概念,不会随着时间老化,但会退化;
- (4) 软件作为应用链的下游产品,它依赖于具体的硬件(计算机等),需要在一定的硬件环境条件下来设计、开发、测试和使用;
- (5) 软件的开发至今仍没有完全摆脱手工开发方式;
- (6) 软件是一个复杂的综合体,它由问题域加上对问题域的处理方法和程序构成;
- (7) 软件成本昂贵,由于软件对质量和可靠性的高要求,对测试与管理的要求也更高,因此,软件成本昂贵。

1.2.2.2 军用软件的特点

军用软件作为应用于军事领域的一类软件,它具有软件的所有

特性和特点。此外,由于军用软件本身的特殊性、复杂性、抽象性和需求的不确定性,使得军用软件研制难度很大,质量要求很高,而军用软件的特殊应用和严苛的环境要求又使其开发和质量保证难度增大。

对于军用软件而言,它可以是一种软件装备,可以像其他武器装备一样正式列装,从这个意义上来说,军用软件具有装备的全部特性,我们应该把军用软件当作硬件产品和装备一样来进行管理。然而,军用软件作为一种特殊的产品和装备也具有它自己独有的特点。

军用软件的特点主要体现在以下几个方面:

(1) 军用软件要面临复杂、不确定和恶劣的作战环境,要求军用软件必须具有抗毁和容错能力,因此,军用软件应具备高可靠性、高安全性和高生存性;

(2) 在信息对抗环境下,要求军用软件具有较高的安全防护能力,因此,军用软件应具备高保密性;

(3) 战场情况的瞬息万变和作战使命任务的急迫性对军用软件的信息传输和处理速度提出了更高的要求,因此,军用软件应具备很高的实时性要求;

(4) 军用软件已列入装备管理的范畴,因此,军用软件作为一种软件装备具有退役的概念;

(5) 与武器装备相关的大量军用软件属于嵌入式软件,物理上受到严格的硬件和软件条件的约束,如受到硬件和软件体系结构、操作系统、应用需求和编程语言的变化等的制约;

(6) 与武器装备相关的军用软件(如嵌入式软件)的开发需要纳入武器装备研制过程,这决定了军用软件的开发方法要与硬件研制中采用的自下而上的方法相一致;

(7) 军用软件规模巨大,如一架现代战机所包含的软件已经超过2500万行源代码,一艘现代化的舰船或潜艇所包含的软件达5000万行源代码,软件规模庞大复杂,这不仅带来了技术问题,而且也为软件的开发和维护管理带来了很大的困难;

(8)现代高技术条件下的一体化联合作战,需要进行海量的信息交互、情报共享、作战行动协同,这些对军用软件的互操作性也提出了很高的要求。

上述军用软件的特点对军用软件的研制管理方法和技术都提出了特殊的要求,同时要求军用软件开发人员应具备相关军事应用领域的知识,此外,军用软件对软件的开发环境、开发工具和安全保密等方面都提出了更高的要求,而军用软件工程正是解决上述问题和困难的最有效的方法和手段。

1.2.3 军用软件分类

1.2.3.1 软件分类

软件按照其功能、规模、开发模式、计算模式、工作方式和服务模式的不同,可以有多种分类方式。

按照软件功能进行分类,软件可以分为基础软件、专业支撑软件和领域应用软件。

按照软件规模进行分类,软件可以分为巨型软件、大型软件、中型软件、小型软件和微型软件。

按照软件开发模式进行分类,软件可以分为嵌入式软件和非嵌入式软件。对于军用软件而言,嵌入式软件是军用软件的一个重要类型,在武器装备中大量采用了嵌入式软件。

按照软件计算模式进行分类,软件可以分为浏览器/服务器(B/S)模式、客户/服务器(C/S)模式,以及单机模式软件。

按照软件工作方式进行分类,软件可以分为分时软件、实时软件、交互软件、批处理软件等。

按照软件服务模式进行分类,软件可以分为商品软件和定制软件等。

1.2.3.2 军用软件分类

军用软件一般分为两大类:一类是武器系统软件,另一类是非武器系统软件。

武器系统软件包括嵌入式软件,指挥、控制和通信软件,以及任务保障软件。嵌入式软件是为武器系统专门设计或专用的,固化在武器系统硬件中并成为整个武器系统不可或缺的组成部分的那些软件。指挥、控制和通信软件是用于完成武器系统的指挥、控制和通信功能的软件。任务保障软件是对武器系统及其所完成任务起保障作用的其他软件,如任务规划软件、战斗管理软件、后勤保障软件、演习分析软件、训练软件、飞行计划软件、应用测试软件、程序管理软件、模拟器软件等。

非武器系统软件也称为信息系统软件,主要是指执行与武器系统无关的系统使用和保障功能的软件,如科学计算、人员管理、资源控制、地理信息管理、设备与维修、仿真、人工智能软件等。

1.3 软件危机与软件的发展阶段

1.3.1 软件危机的概念

软件危机是指在计算机软件的开发、使用和维护过程中所遇到的一系列严重的问题。这些问题在所有的计算机软件中都存在。

早在 20 世纪 60 年代末,软件界,特别是美国国防部门就提出了“软件危机”的警告。当时国防部已经提出了一些复杂的、大型软件开发项目,然而软件技术一直未能满足形势发展的要求,在软件开发中遇到的诸多问题也找不到好的解决办法,致使软件问题日益积累起来,形成了日益尖锐的矛盾。1968 年,北大西洋公约组织(NATO)科学委员会在德国召开的计算机学术会议上正式提出了“软件危机”的概念,软件危机从此全面爆发,一些软件项目由于质量问题甚至造成了重大的损失。

1.3.2 软件危机的主要表现

人们在感叹计算机硬件技术发展的迅猛,享受计算机及其软件

带给我们巨大便利的同时,也越来越感受到软件开发的技术与管理方法的落后所带来的软件危机。

软件危机的具体表现包括:

(1) 由于用户在软件开发的初期,对作为软件设计所依据的需求提得不够明确,用户对“开发完成的系统”常常不满意;

(2) 软件开发过程缺少统一规范的指导,设计和实现过程的资料不够完整,软件缺乏适当的技术文档的支持,导致软件维护困难甚至常常不可维护;

(3) 软件产品存在质量问题,软件不可靠或软件质量难以保证,如软件测试工作不充分或不到位,提交用户的软件质量差,在使用过程中暴露出大量的问题,轻者影响系统正常工作,重者发生事故,甚至造成生命财产的重大损失;

(4) 软件价格昂贵,投入的人力、财力巨大,软件部分在整个系统的经费投入中所占比重不断增加;

(5) 由于缺乏对软件开发经验和软件开发数据的积累,难以制订较为完善的软件开发计划,计划与实际执行情况存在很大差距,软件开发费用和进度难以估计和控制,软件开发效率不高。

以上这些问题和矛盾表现在具体的软件开发项目上,较为突出的是美国 IBM 公司在 1963 ~ 1966 年花了 4 年时间开发的大型软件工程项目 IBM360 操作系统,这一项目总共耗费了 5000 多个人年,耗资 5 亿美元,最多同时投入了美国 11 个单位和欧洲 6 个单位的 1000 余名软件技术人员,编写出了近 100 万行源代码,而其结果却是非常糟糕的。据统计,这个操作系统每次发行的新版本都要更正前一个版本中的 1000 余个程序错误。这个项目的负责人 F. P. Brooks 后来在书中沉痛地说:“开发工作就像一只逃亡的野兽陷入到泥潭中作垂死挣扎,越是挣扎,陷得越深,最后无法逃脱灭顶的灾难。软件程序设计工作正像这样一个泥潭,一批批程序人员被迫在泥潭中拼命挣扎,谁也没有料到问题竟会陷入这样的困境。”IBM360 操作系统的历史教训已成为软件危机的典型事例为人们所记取。

另一个软件问题的例子是,1996 年,欧洲航空航天局发射阿里亚娜 5 型火箭,火箭在发射 40 秒钟后爆炸,造成 2 名法国士兵当场死亡,由此这个耗资 10 亿美元,历时 9 年的欧洲航天计划严重受挫,引起国际宇航界震惊。事故后的专家调查分析报告指明,火箭爆炸的根本原因是惯性导航系统软件中的技术要求和设计存在错误,并由此造成了巨大的损失。

第三个软件失效的例子是在海湾战争中,美军在对抗伊拉克“飞毛腿”导弹的作战中,曾经由于一个软件故障,打乱了美国“爱国者”导弹的雷达跟踪系统,使得“爱国者”导弹发射后没有成功拦截“飞毛腿”导弹,其中一枚在沙特阿拉伯多哈爆炸的“飞毛腿”导弹造成了 28 名美国士兵丧生、98 人受伤的悲剧。事后专家分析发现,拦截失败的原因在于一个软件缺陷,当“爱国者”导弹防御系统工作的累计时间超过 14 小时后,导弹防御系统的雷达跟踪系统就可能出现不准确的现象,而在那次多哈的袭击战中,“爱国者”导弹防御系统的工作运行时间已经累计超过了 100 多个小时,显然这个时候的雷达跟踪系统已经不能保证跟踪的准确性了,从而造成了这种悲惨后果。

从以上软件危机的这些表现我们可以看出,软件危机可能带来灾难性的后果,其问题的存在具有长期性和症状不明显性的特点。

要消除软件危机主要需要解决两个方面的问题:一是为了满足用户对软件的旺盛需求,如何高效率地开发软件?二是在软件数量不断增大的情况下,如何快速有效地维护软件?

分析软件出现问题进而产生软件危机的原因,我们发现这其中既有软件本身特点的因素,也有软件开发与维护方面的原因。

1.3.3 引发软件危机的主要原因

引发软件出现问题和产生软件危机的主要原因包括:

(1)通常软件规模庞大、复杂,需要多人合作完成,软件具有不可见的特点且无损坏概念,所有的软件错误都是在软件开发和软件