



军事装备学丛书

软件密集型装备 综合保障

宋华文 耿华芳 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

军事装备学丛书

软件密集型装备 综合保障

宋华文 耿华芳 著

国防工业出版社

·北京·

作者简介.....



宋华文 河北青县人，1965年12月生于吉林德惠。1989年军械工程学院兵器控制系统专业本科毕业；1998年南京理工大学系统工程专业硕士研究生毕业；2004年装备指挥技术学院军事装备学专业博士研究生毕业，获军事学博士学位。历任区队长、教员、教研室主任、系副主任、基地装备部副部长等职，现任装备指挥技术学院训练部高教研究室主任、教授、博士生导师。兼任国际一般系统研究会 IIGSS-CB 理事、中国系统工程学会军事系统工程委员会委员、中国军事科学学会军事装备分会常务副秘书长。长期从事军事装备学领域教学与科研工作。获军队科技进步奖 12 项，编著出版《装备保障综合演练》、《高技术条件下机动作战装备保障》、《装备指挥学》、《装备动员学》、《装备动员体制研究》、《信息化武器装备及其运用》、《通用装备保障部（分）队指挥训练教材》、《通用装备保障部（分）队战斗勤务训练教材》等专著教材 10 余部，发表论文 100 余篇。

前 言

随着信息技术的迅猛发展及其在军事领域的广泛应用,武器装备信息化程度越来越高,软件密集型装备应运而生,并逐步成为信息化战场上的主力军,对作战任务的完成发挥着越来越重要的作用。软件密集型装备呈现出结构复杂、功能多样、技术密集等明显特征,使得软件密集型装备保障要求更高、难度更大、耗费更多。如何使软件密集型装备尽快形成作战保障能力,已引起总部首长及相关部门的高度重视。正是基于此,作者从2006年开始针对软件密集型装备综合保障问题开展研究,旨在通过探索软件密集型装备综合保障的方法、特性,揭示软件密集型装备综合保障的基本规律,为我军软件密集型装备保障理论建设提供借鉴和参考。

全书共分10章。第一章介绍了软件密集型装备综合保障的基本概念、地位作用、历史现状及发展趋势;第二章分析了软件密集型装备综合保障影响因素和要求;阐释了软件密集型装备保障性分析技术;第三章研究了软件密集型装备保障特性及其设计问题;第四章阐述了软件密集型装备保障方案的制定方法;第五章探讨了软件密集型装备保障资源规划问题;第六章介绍了软件密集型装备的软件度量方法;第七章分析了软件密集型装备综合保障的组织和管理问题;第八章研究了软件密集型装备的质量管理问题;第九章对软件密集型装备综合保障进行了案例分析;第十章探讨了软件密集型装备综合保障建设问题。

本书在编写过程中,得到了总部机关和专家学者的大力支持和帮助,吸取了学术界的诸多研究成果,借鉴参考了国内外许多文献资料。姚战军博士、孟冲博士、马玉林博士、张文一博士等参加了本书结构框架的研究和讨论,潘力博士、秦翔宇博士为本书的撰写提供了研究参考资料,军械工程学院于永利教授、朱小东教授提出了许多宝贵意见,总装司令部通信局赵洪利局长、郭淦水处长、陈玉华参谋和总装综合计划部维修局蒋跃

庆局长、梁华副局长、黄伟参谋、袁之力参谋为本课题的研究立项和顺利完成提供了大力支持和帮助。借此书出版之际,向给予本书研究撰写工作予以支持和帮助的各位领导和专家学者,向本书中所借鉴、引用的参考文献作者,一并致以深深的敬意和衷心的感谢。

由于软件密集型装备综合保障问题是伴随着信息化武器装备的迅速发展逐步得到人们认识和重视的新领域,其理论体系正在逐步建立,实践探索正在加速推进,鉴于我们认识水平的局限性,书中不妥之处在所难免,敬祈各位专家和读者不吝赐教,批评指正。

宋华文

2010年10月

目 录

第一章 概述	1
第一节 软件密集型装备综合保障相关概念	2
一、软件	2
二、软件密集型装备	5
三、软件密集型装备综合保障	7
第二节 软件密集型装备综合保障的地位和作用	13
一、软件密集型装备综合保障建设是我军信息化武器装备建设的必然要求	13
二、软件密集型装备保障已成为影响武器装备战斗力提升的重要因素	14
三、软件密集型装备质量决定着信息化武器装备建设的质量	15
四、软件密集型装备保障已经成为信息化武器装备保障的重要内容	17
五、软件密集型装备综合保障能力已成为装备保障力形成的关键因素	18
第三节 软件密集型装备综合保障的历史与现状	18
一、软件密集型装备保障历史沿革	18
二、美军软件密集型装备保障的现状	21
三、我军软件密集型装备保障的现状	24
第四节 软件密集型装备综合保障发展趋势	27
一、软件密集型装备综合保障的地位作用更加突出和重要	27
二、软件密集型装备综合保障理论研究日益深入	28
三、软件密集型装备综合保障力量体系建设水平逐步提升	29
四、软件密集型装备综合保障质量建设不断提高	30

五、软件密集型装备综合保障人才队伍建设日益壮大	30
六、联合保障有助于提高软件密集型装备综合保障水平	31
第二章 软件密集型装备保障性分析	33
第一节 软件密集型装备保障性的影响因素	35
一、软件工程环境	35
二、软件工程方法	36
三、面向对象编程方法	37
四、计算机辅助软件工程工具	39
五、人力资源环境	42
六、经费资源环境	43
七、计算机网络环境	44
第二节 软件密集型装备保障性分析技术	47
一、识别分解技术	47
二、使用与维护保障任务分析技术	53
三、故障模式、影响及危害性分析技术	59
四、故障树分析技术	61
第三节 软件密集型装备综合保障要求	62
一、软件密集型装备综合保障要求的确定	63
二、软件密集型装备综合保障定性要求	63
三、软件密集型装备综合保障定量要求	63
第三章 软件密集型装备的保障特性及设计	66
第一节 软件密集型装备的可靠性	66
一、基本概念	66
二、基本数学关系	69
三、可靠性模型	70
四、可靠性设计	74
第二节 软件密集型装备的维修性	79
一、基本概念	79
二、软件维护性体系结构	82
三、软件维护性评估	83
四、提高软件维护性的方法	84

第三节 软件密集型装备的测试性	85
一、基本概念	86
二、测试性设计	87
第四节 软件密集型装备的其他特性	89
一、软件安全性	89
二、软件可用性	90
三、软件健壮性	91
第四章 软件密集型装备保障方案制定	93
第一节 软件密集型装备使用保障方案	93
一、软件密集型装备硬件使用保障方案	93
二、软件密集型装备软件供应保障方案	94
第二节 软件密集型装备维修保障方案	97
一、软件密集型装备硬件维修保障方案	97
二、软件密集型装备软件维护保障方案	99
第五章 软件密集型装备保障资源规划	103
第一节 保障资源需求形成的一般过程	103
一、规划保障资源的工作程序	103
二、规划保障资源的工作内容	104
三、保障资源规划的技术运用	106
第二节 软件密集型装备保障资源规划的主要内容	107
一、保障规划	107
二、人员与人力	107
三、训练与训练保障	107
四、供应保障	108
五、技术资料	108
六、保障设备与设施	108
七、设计接口	109
第三节 软件密集型装备软件保障静态模型	109
一、时间维	109
二、人员维	111
三、事件维	111

第六章 软件密集型装备的软件度量方法	113
第一节 软件能力成熟度模型的概念	113
一、软件能力成熟度模型的发展历程	113
二、软件能力成熟度模型的基本概念	115
第二节 软件能力成熟度模型的框架及作用	117
一、软件能力成熟度模型的框架	117
二、软件能力成熟度模型的作用	124
第三节 软件密集型装备研制中实施软件能力成熟度模型的方法	125
一、软件密集型装备软件能力成熟度模型的实施	125
二、实施软件能力成熟度模型的具体工作	126
第七章 软件密集型装备综合保障的组织与管理	128
第一节 软件密集型装备综合保障组织机构	128
一、软件密集型装备综合保障机构的职能	128
二、软件密集型装备综合保障机构的形式	129
三、软件密集型装备综合保障机构人员编配	130
第二节 软件密集型装备综合保障的系统化管理	134
一、软件密集型装备交付前的保障	134
二、软件密集型装备交付期间的保障	135
三、软件密集型装备交付后的保障	136
四、软件密集型装备综合保障的试验与评价	138
第八章 软件密集型装备质量管理	144
第一节 软件密集型装备质量管理的目标及原则	144
一、软件密集型装备质量管理目标	144
二、软件密集型装备质量管理原则	144
第二节 软件密集型装备全寿命质量管理	146
一、软件密集型装备论证质量管理	146
二、软件密集型装备研制生产质量管理	147
三、软件密集型装备使用质量管理	150
第九章 软件密集型装备综合保障实例分析	153
第一节 某型武器系统简介	153

一、某型武器系统组成及主要功能	153
二、某型武器系统的主要特点	154
第二节 某型武器系统综合保障实例	155
一、某型武器系统保障性分析	155
二、某型武器系统保障方案设计	156
三、某型武器系统保障资源规划	160
第十章 软件密集型装备综合保障建设	162
第一节 软件密集型装备综合保障建设的指导思想与基本原则	162
一、软件密集型装备综合保障建设的指导思想	162
二、软件密集型装备综合保障建设的基本原则	163
第二节 软件密集型装备综合保障建设的主要内容	164
一、软件密集型装备综合保障理论建设	164
二、软件密集型装备综合保障队伍建设	166
三、软件密集型装备综合保障机构建设	170
四、软件密集型装备综合保障法规建设	172
参考文献	175

第一章 概 述

随着科学的进步和信息技术的飞速发展,计算机的应用已从数值计算领域发展到人类生产和生活的一切领域,整个社会都将越来越多地依赖于计算机和它控制的设备,而计算机的灵魂是“软件”,如果没有软件的支撑,它将起不了任何作用。计算机越先进,功能越强大,在社会生活中扮演的角色越重要,对软件的质量要求就越高,软件开发的难度就越大,费用也就越惊人。可以说,今后工业经济的繁荣和社会文明的进步,在很大程度上取决于软件的发展。

同样,在我军装备现代化建设中,各种计算机设备及软件密集型装备已成为训练、作战和日常管理的中坚力量。软件密集型装备作为发挥计算机和装备性能的重要因素,其质量和性能的好坏,直接影响到其控制的计算机及武器装备作战性能的发挥。特别是随着高技术条件下战争对信息化要求的不断提高,武器装备系统中将越来越多地使用计算机系统,各种软件密集型装备将不断涌现。

由于普遍采用计算机,并且软件设计和修改比较灵活方便,在许多系统中一些原来由硬件实现的功能改由软件完成,各种工程项目和武器系统的功能及性能越来越依赖软件,软件的重要性越来越突出,它已经不只是计算机和装备的附属品,它们中的许多已成为装备的一部分,或单独成为装备。软件不仅能够极大地提高装备原有的功能,而且能够使武器装备系统获得许多崭新的能力。据目前统计,软件可靠性整整比硬件低一个数量级。有的系统故障统计结果是,软件故障占系统故障的60%~70%,对于许多武器系统来说软件保障性是其使用适应性的重要方面。

随着计算机技术在军事领域的广泛应用,现代战机、新型战略战术导弹、C³I系统、航天装备等众多信息化武器装备已开始大量装备部队;而软件密集型装备作为信息化武器系统中的一个重要组成部分,对装备的研制发展、任务完成起着越来越关键的作用,在现代战争中地位越来越突出,作用

也越来越明显。由于软件技术的复杂性,使得与其相伴的软件密集型装备综合保障呈现出技术含量高、难度大、费用突出等新特点,不仅对信息化武器装备战斗力形成起着关键作用,更对武器装备战备完好性的保持、战斗能力的再生起着突出作用。因此,软件密集型装备综合保障问题已日益成为军事装备保障过程中的重点与难点问题,其质量及保障能力的高低已日益成为衡量武器系统最重要的性能指标之一,对武器系统的整体作战效能产生着重要影响。因此,做好软件密集型装备的综合保障,是军队信息化建设过程中必须面对的重要课题。

第一节 软件密集型装备综合保障相关概念

研究软件密集型装备综合保障必须首先搞清楚什么是软件,什么是软件密集型装备,以及它们的特点与分类。

一、软件

(一) 软件的定义

软件(Software)这一名词是20世纪60年代初从国外传入我国的,当时人们说不清它的确切含意。其英语原文Software一词由soft和ware组合而成,有人译为软制品,也有人译为软体,现在统一称它为软件。对于它的解释有很多种,现在公认的解释为:

狭义的软件指计算机等系统中与硬件相互依存的另一部分,是包括程序、数据及相关文档的完整集合,其中,程序是按照事先设计的功能和性能要求执行的指令序列;数据是使程序能正常操纵信息的数据结构;文档是与程序开发维护和使用有关的各种图文资料,如程序设计说明书、流程图、用户手册等。

广义的软件还包括在产业界活动中,相对于机器设备、车辆、原材料这样的有形实体以外的技术条件、管理法规以及人员素质等无形因素。

这里的软件仅指狭义的软件。

(二) 软件的特点

软件是逻辑部件而不是物理部件,它不依赖于存放软件的载体,同传统的工业产品相比,软件有其独特的特性:

(1) 软件是一种逻辑实体,具有抽象性。人们必须通过观察、分析、思考、判断才能了解软件的功能、性能等特性。

(2) 软件没有明显的制造过程,一旦研制开发成功,就可以大量复制同一内容的副本,所以对软件的质量控制必须着重在软件开发方面。

(3) 软件在使用过程中没有磨损、老化的问题。但会为了适应硬件、环境以及需求的变化进行修改,而这些修改又不可避免地引入错误,导致软件的失效率升高,从而使软件退化,当修改的成本变得难以接受时,软件就被抛弃。

(4) 软件对硬件和环境有着不同程度的依赖性,这导致软件移植中容易出现问題。

(5) 软件的开发至今尚未完全摆脱手工作坊式的开发方式,对软件开发人员个体素质的依赖性大,生产效率低。

(6) 软件是复杂的,而且以后会更加复杂。软件是人类有史以来生产的复杂度最高的工业产品,软件涉及人类社会的各行各业、方方面面,软件开发常常涉及其他领域的专门知识。

(7) 软件的成本相当昂贵。软件开发需要投入大量高强度的脑力劳动,成本非常高、风险也大,目前软件的开销已大大超过了硬件的开销。

(8) 软件工作牵涉到很多社会因素。许多软件的开发和运行涉及机构体制和管理方式等问题,还会涉及人们的观念和心里,这些人的因素常常成为软件开发的困难所在,直接影响到项目的成败。

(三) 软件的分类型

软件的分类型方式很多,要找出一个统一、全面、科学的分类型是很难的。但是鉴于软件不同功能,对其进行开发和维护有着不同的要求和处理方法,因此需要对软件的分类型进行必要的划分。这里根据软件的功能将软件划分为系统软件、支持软件和应用软件等几类:

1. 系统软件

系统软件是与计算机硬件紧密配合,以使计算机各个部件与相关软件及数据协调、高效工作的软件,如操作系统、数据库管理系统等。系统软件在工作时频繁地与硬件交往,以便为用户服务,共享系统资源,在这中间伴随着复杂的进程管理和复杂的数据结构的处理。系统软件是计算机系统必不可少的重要组成部分。

2. 支持软件

支持软件是协助用户开发软件的工具性软件,包括帮助程序人员开发软件产品的工具和帮助管理人员控制开发进程的工具。又可分为以下几类:

(1) 一般类型:包括文本编辑程序、文件格式化程序、程序库系统等;

(2) 支持需求分析:包括问题描述语言、问题描述分析器、关系数据库系统、一致性检验程序等;

(3) 支持设计:包括图形软件包、结构化流程图绘图程序、设计分析程序、程序结构图编辑程序等;

(4) 支持编程:包括编译程序、交叉编译程序、预编译程序、连接编译程序等;

(5) 支持测试:包括静态分析程序、符号执行程序、模拟程序、测试覆盖检验程序等;

(6) 支持管理:包括 PERT 进度计划评审方法、绘图程序、标准检验程序和库管理程序等。

3. 应用软件

应用软件是指在特定领域内开发、为特定目的服务的一类软件。现在几乎所有的国民经济领域都使用了计算机,为这些计算机应用领域服务的应用软件种类繁多。其中商业数据处理软件是占比例最大的一类,工程与科学计算软件大多属于数值计算问题。应用软件还包括计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)、系统仿真、智能产品嵌入软件(如汽车油耗控制、仪表盘数字显示、刹车系统),以及人工智能软件(如专家系统、模式识别)等。此外,在事务管理、办公自动化、中文信息处理、计算机辅助教学(CAI)等方面的软件也得到迅速发展,产生了惊人的生产效率和巨大的经济效益。

(四) 软件的生命周期

软件的生命周期包含了以下几个过程:

(1) 采办过程:为软件采办方提供指导,它详细说明了为采办一个系统,采办人员和机构所开展的各项活动。它始于对采办软件的需求,然后是提出需求建议、供应方选择、工程采办管理、供应方监督与接口。该过程结束于产品验收及服务。

(2) 供应过程:是为开发产品、维护服务与使用服务的提供方提供指导,

它详细说明了供应方的各项活动。它始于一份建议及协议,然后是项目管理,结束于产品的交付与服务。该过程延伸到了训练及帮助采办方。

(3) 开发过程:为软件开发方提供指导。它详细说明了开发方的各项活动,该机构定义和开发软件产品。它始于需求分析,然后是设计、编码、测试及集成,该过程结束于产品完成与安装。

(4) 使用过程:为使用软件提供指导。它详细说明了使用方的各项活动,该机构为用户使用计算机系统服务提供服务。该过程包括对用户的使用保障,并与更改维护过程有关。

(5) 维护过程:为软件维护提供指导,它详细说明了维护方的各项活动,该机构为软件产品提供服务。用于规划维护,以及由于需要纠错性活动、扩充性或预防性活动的软件更改。该过程包括软件的移植与退役。

如图 1-1 所示,维护过程是 ISO/IEC12207 的五个基本过程之一,并指导维护方的活动与作业。该过程提供维护规划和代码及相关文档的修改,维护过程的活动是维护过程的详细描述,但该过程可以使用或引用其他过程,如 ISO/IEC12207 的开发过程。

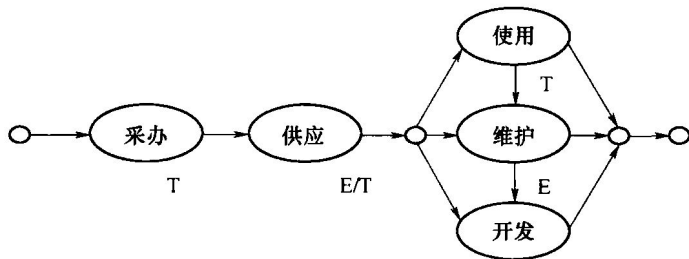


图 1-1 ISO/IEC12207 中的系统生命期

○—相同点;E—执行;T—任务。

二、软件密集型装备

(一) 软件密集型装备的定义及内涵

软件密集型装备的概念来源于国外的“软件密集系统”(Software Intensive Systems, SIS),“软件密集系统”最早于 20 世纪 60 年代提出,2005 年 TNO/IDATE 的报告《未来的软件密集系统》中给出较为清晰的定义:“软件密集系统是软件在系统功能、研制费用、研制风险及研制时间等方面占主导地位的系统。”

马丁·沃森在2006年的报告《软件密集系统》中指出:软件与其他软件、系统、设备、传感器以及人相互作用的系统叫做软件密集系统。他认为,这类系统都有一个共同点,即依赖于控制单个配件和配件间相互作用的软件,以及同其他软件、系统、装置、传感器和人相互作用的软件。

国内最早由甘茂治教授等装备维修保障领域专家给出软件密集系统的定义,认为,软件密集系统也可称为软件密集型装备,是指“装备系统中软件在系统研制费用、研制风险、研制时间或系统功能特性等的一个或多个方面占主导地位的系统。”各种现代飞机、舰艇、导弹、火炮、航天装备、C⁴ISR等武器系统和信息系统,特别是那些计算机控制的飞控系统、火控系统、指控系统等都是典型的软件密集型装备。

综合上述定义及概念解释,本书定义为:软件密集型装备是伴随着世界新军事变革应运而生的,它是一种以信息技术为关键技术的武器装备系统,软件在该装备系统的功能特性、研制费用、研制风险及研制时间等一个或多个方面占据主导地位。也就是说,软件密集型装备是属于信息化武器装备范畴的,而软件是软件密集型装备的核心,软件的质量和状况是软件密集型装备能否完成其规定功能执行作战与保障任务的重要因素。

(二) 软件密集型装备的分类和特点

对于软件密集型装备,目前还很难给出统一的、全面科学的分类,可以根据军兵种进行分类,也可以按照作战用途或存在的形式不同进行区分。

根据军兵种进行分类,可分为软件密集型陆军装备、软件密集型海军装备、软件密集型空军装备等;

根据作战用途或装备类别划分,可分为软件密集型军械装备、软件密集型装甲装备、软件密集型舰船装备、软件密集型航空装备、软件密集型战略导弹装备和软件密集型航天装备等;

根据软件存在的形式进行划分,可分为嵌入式软件密集型装备和非嵌入式(独立式)软件密集型装备。

软件密集型装备是当前部队所配发的新装备的主要形式,其最大的特点就是软件与硬件紧密结合,软件在该装备系统中占主导地位,这种装备广泛应用于作战训练、指挥控制、通信侦查、后勤保障等军事机构,因此它的可靠性、维修性、保密性和安全性要求较高。根据当前软件密集型装备的应用情况,可以看出它的特点:

(1) 便于功能扩展和升级。因为软件是软件密集型装备的核心,设计者在软件密集型装备设计论证阶段就可以为后期的功能扩展和系统升级留有余地,随着新技术和方法的不断应用,软件密集型装备的功能也会越来越强大,适用性也同时增强。

(2) 自身保密性好。软件密集型装备的硬件部分主要是在软件及系统的正常工作条件下才能实现其功能,而软件控制是不透明的,如果对装备的软件不了解,就不能了解装备的各项作战性能,甚至无法使用装备,因此软件密集型装备自身的保密性极高,同时也可以为联合使用的其他装备提供更好的保密性。

(3) 可用于网络指挥。由于软件密集型装备主要通过软件来控制装备的使用,这就可以用网络远程指挥控制来替代战场指挥,不仅可以减少人员伤亡,更体现了信息化手段在高技术战争中的应用。

软件密集型装备的特点对其保障提出了更高的要求,不仅要提高保障人员的素质,更要在保障技术和方法上有所创新,因此必须立足综合保障,研究并建立保障系统。

三、软件密集型装备综合保障

(一) 综合保障相关概念

GJB451A—2005《可靠性维修性保障性术语》给出的综合保障(Integrated Logistics Support, ILS)定义:“在装备的寿命周期内,综合考虑装备的保障问题,确定保障性要求,影响装备设计,规划保障并研制保障资源,进行保障性试验与评价,建立保障系统等,以最低费用提供所需保障而反复进行的一系列管理和技术活动。”

从这个定义可以看出,综合保障是由一系列管理和技术活动所构成的一个特定的专业工程。它的主要任务是通过保障性分析确定保障性要求,制定保障方案,规划保障资源,设计保障系统,从而为装备提供经济有效的保障。它的最终目标是,以可以承受的寿命周期费用满足装备的战备完好性要求。

GJB451A—2005《可靠性维修性保障性术语》给出的保障性定义:“装备的设计特性和计划的保障资源满足平时战备完好性和战时利用率要求的能力。”