

≡⚓≡ 海军级重点教材

武器 系统工程

WUQI XITONG GONGCHENG

宋贵宝 沈如松 周文松 邹强 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

海军级重点教材

武器系统工程

宋贵宝 沈如松 周文松 邹强 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要介绍武器系统工程的原理及有关方法。全书共分六章,第一章为引论,介绍武器系统工程的概念和要点;第二章为武器系统分析,介绍武器系统任务、环境、功能、结构和性能指标分析过程和方法;第三章为武器系统效能—费用分析;第四章为武器系统综合评价;第五章为武器系统总体优化设计;第六章为武器系统工程组织管理,介绍武器装备采办和规划评审分析技术。

本书内容覆盖面广,讲解深入浅出,内容新颖,取材于国内外的研究工作实践经验,是多年实践成果的总结,具有适合国情、切合实际的特点,是一本具有创造性的武器装备系统工程方面的专业教材。书中除原理分析和工程方法之外,还引用了许多实例和技术数据。本书可作为高等院校系统工程类专业本科生及研究生教材,也可供有关专业的教学、科研、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

武器系统工程/宋贵宝等编著. —北京:国防工业出版社,2009.2

海军级重点教材

ISBN 978-7-118-06208-3

I. 武... II. 宋... III. 武器系统—军事系统工程—教材 IV. E92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 016348 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21½ 字数 496 千字

2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 52.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

武器系统工程是一门既有实践又有理论的课程,其研究对象是武器装备系统。它需纵观全局统筹规划,并深入细致研究和决策,既要前瞻发展趋势,又要技术实际可行,因此它是一门具有高难度的课程。

现代武器装备的论证、研制、使用和保障是一项复杂的系统工程,特别是在武器装备使用前的各个阶段,如何论证出满足作战需求的武器装备,如何有效地控制研制进度、费用和性能指标,如何采购到部队适用并能迅速发挥和持续保持作战效能的武器装备,是一些需要解决的问题。美军运用系统工程的理论和方法,使问题解决得较有成效。为了借鉴外军有效经验,并结合我军实际,我们编著了《武器系统工程》一书,以适应我军武器装备现代化建设的需要。

本书在介绍原理、方法的基础上,介绍了许多经验公式、技术数据等,取材于国内外的宝贵实践经验,是多年工作成果的总结,具有适合国情、切合实际的特点,这是本书的一个特色;本书的另一个特色是内容口径宽,又不失新颖性、先进性,能够较好地反映国内外新技术、新动向。为了使读者加深对基本概念的理解,掌握武器系统工程分析原理和方法,在适当的地方配有例题,对学生掌握本课程的知识是有益的。

本书由宋贵宝教授主编,参加编写的有沈如松副教授、周文松副教授和邹强讲师。其中,第一章至第三章由宋贵宝、沈如松编写,第四章、第六章由沈如松、周文松编写,第五章由宋贵宝、邹强编写,邹强绘制了全书的插图。海军装备技术研究所吴进煌研究员、海军航空工程学院许诚教授主审本书,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,参考了大量国内外文献资料和兄弟院校有关教材,在此对原作者深表谢意。

由于编著者经验不足,学术水平有限,书中难免有偏颇不当及疏漏之处,盼读者给予斧正。

编著者
2008. 12

目 录

第一章 引论	1
1.1 武器系统工程概念	1
1.1.1 武器系统工程的定义	1
1.1.2 系统工程中的一般步骤与方法	2
1.1.3 武器系统工程要点	4
1.2 武器系统工程过程	7
1.2.1 武器系统工程过程简述	7
1.2.2 武器系统寿命周期各阶段主要工作	9
第二章 武器系统分析	26
2.1 武器系统任务和环境分析	26
2.1.1 武器系统的任务目标	26
2.1.2 确定任务目标的体系结构	29
2.1.3 确定系统的任务剖面	32
2.1.4 系统的使用环境	41
2.1.5 环境对武器系统的影响效应	53
2.1.6 环境影响的防护	60
2.2 武器系统功能分解与结构分析	64
2.2.1 系统结构与系统功能	64
2.2.2 选择系统要素和确定要素间的关系	65
2.2.3 建立结构模型	72
2.3 武器系统性能指标分析	89
2.3.1 性能与指标	89
2.3.2 明确分析的要求和目标	90
2.3.3 分析确定影响系统性能的主要因素	92
2.3.4 分析系统的主要性能要求	92
2.3.5 分析系统性能的相关性	97
2.3.6 提出备选指标体系方案	101
2.3.7 确定战术技术指标参数	108
第三章 武器系统效能—费用分析	115
3.1 武器系统效能分析	115

3.1.1	确定系统效能参数	115
3.1.2	分析系统的可用性	119
3.1.3	分析系统的可信赖性	122
3.1.4	分析系统的能力	129
3.1.5	建立系统效能模型	133
3.2	武器系统费用分析	148
3.2.1	确定系统寿命周期费用的构成	149
3.2.2	建立费用模型	154
3.2.3	估算系统寿命周期内的各项费用	168
3.2.4	分析系统寿命周期费用	180
3.2.5	权衡系统的费用	186
3.3	费用—效能分析的一般方法	188
3.3.1	费用—效能分析的基本概念	188
3.3.2	费用—效能分析的意义	189
3.3.3	费用—效能分析的基本流程	190
3.3.4	费用和使用效能分析	195
第四章	武器系统综合评价	200
4.1	武器系统综合评价简述	200
4.1.1	综合评价概述	200
4.1.2	综合评价指标体系	203
4.1.3	综合评价方法	207
4.2	武器系统方案技术经济可行性分析	219
4.2.1	可行性研究	219
4.2.2	技术经济分析	233
4.3	风险分析	244
第五章	武器系统总体优化设计	251
5.1	系统优化	251
5.1.1	系统优化的概念	251
5.1.2	系统优化原理	252
5.1.3	系统优化的对象	253
5.1.4	系统优化的途径	255
5.2	通用化、系列化、组合化(模块化)	259
5.2.1	内涵、效果和任务	259
5.2.2	开展综合标准化	261
5.2.3	实施	264
5.3	并行工程	266
5.3.1	并行工程的概念与特点	266

5.3.2	并行工程团队与并行工程文化	268
5.3.3	并行工程的支持系统	269
5.4	决策分析	270
5.4.1	决策分析模型	270
5.4.2	决策分析方法	272
5.4.3	效用分析	279
第六章	武器系统工程组织管理	281
6.1	武器装备采办	281
6.1.1	采办策略	281
6.1.2	采办管理体制	288
6.1.3	武器装备采办方式	293
6.1.4	武器装备采办管理技术方法	306
6.2	武器系统规划评审分析	316
6.2.1	定义发展规划的投入与产出	316
6.2.2	构造评审的规划单元集	318
6.2.3	建立规划有效性分析模型	318
6.2.4	评价规划单元的有效性	324
6.2.5	优化规划的投入产出指标	330
	参考文献	335

第一章 引 论

系统可分为自然系统和人造系统。自然系统是自然形成的自然物质(矿物、植物、动物)的系统,如原子系统、自然生态系统等。人造系统是由人工造成的各种要素有机构成的系统,如武器装备系统、生产加工系统等。本书仅讨论武器装备的人造系统。

军事部门总是希望在保证一定费用、进度的前提下,能够获得作战性能优良、可使用、可保障的武器装备系统。近 30 年来的实践证明,要成功地创造出这样一种人造系统,需要在研制阶段,特别是早期,运用系统的方法,以系统分析和设计为中心,按照一定目标来全面权衡、综合优化,注意武器装备的“优生”和“优育”,而系统工程正是实现这一目标的有效途径。

1.1 武器系统工程概念

1.1.1 武器系统工程的定义

武器系统是指能够独立实施作战使用的一整套兵器和技术器材,也称为一个作战使用综合体。武器系统的根本作用在于完成包括杀伤人员、毁伤固定或活动目标、发布信号、施放烟幕、侦察、干扰、技术支援等在内的各种预定作战使用任务。为了完成这些不同的作战使用任务,需要有不同类型的武器系统,如轻武器系统、压制武器系统、导弹武器系统、技术支援武器系统等。无论何种武器系统,一般都需要有多个功能不同、但又存在有机联系的子系统才能组成一个独立的武器系统,都必须在指挥、操作人员的使用、控制下才能完成作战任务,必要时还需要车辆、飞机、舰艇等运载平台。不同类型武器系统的组成不尽相同,从完成作战任务的过程和功能考察,一般由侦察系统、指挥控制系统、火力系统、技术支援系统及动力系统等辅助系统组成。

武器系统工程就是以武器系统为研究对象,从系统的整体目标出发,研究系统的论证、设计、试验、生产、使用和保障,以实现系统优化的科学方法。

武器系统工程是将科学的、工程的成果应用于以下三方面:

- (1)通过定义、综合、分析、设计、试验与评价的反复迭代过程,将作战要求转换成对武器系统性能参数和技术状态的描述;
- (2)综合有关的技术参数,确保所有物理的、功能的和程序接口的相容性,使整个武器系统的论证和设计达到最佳状态;
- (3)将可靠性、维修性、保障性、安全性、生存性、人素工程和其他有关因素综合到整个工程中去,使费用、进度和技术性能达到总目标。

简而言之,武器系统工程既是一个技术过程,又是一个管理过程,是系统形成的有序过程。上述定义集中于技术方面。为了成功地完成系统的研制与使用,在整个武器系统

寿命周期内,技术和管理两个方面都必不可少。

基于军事部门的管理角度,美国国防部防务系统管理学院对系统工程作如下定义:系统工程是为了达到所有系统要素的优化平衡,控制整个系统研制工作的管理功能,把作战需求转变为一组系统参数的描述,并综合这些参数以优化整个系统效能的过程。

1978年,我国钱学森同志在《组织管理的技术——系统工程》一书中指出:系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。

1.1.2 系统工程中的一般步骤与方法

系统方法,作为一种新的科学的方法论,是人类科学思维方式的一次重大突破。从认识事物的整体性来说,传统的思维方式是分析—综合—分析,即先分析对象的各个部分,然后再综合为整体,再由总体去指导部分。这种方法,对认识单调的、松散的和线性联系的事物是可以的。但由于这种思维方法常常把分析和综合、部分和整体、原因和结果看作是直线性联系,认为部分功能好则整体功能一定好;部分功能不好则整体功能也不可能好。因此,在战略构思上,很容易陷入具体矛盾之中,忙于“零部件”的锻造,而忽视对整体结构的设计,容易造成宏观上失控的局面。

与传统的思维方式不同,系统方法则是综合—分析—综合。即把综合作为出发点与归宿点,并把分析与综合贯穿于过程的始终,把研究对象看作一个整体,看作运动着的、活的相互联系、相互作用和复杂的有机体。在这个有机体中,结构决定功能,功能又反作用于结构,从而在不断变革中推动着这一系统的发展和提高。表现在实际工作中,则是先搞好整体设计,而后按照整体需要去锻造“零部件”;不是追求某一单项目标的高速度和单一要素的高质量,而是随着条件环境的变化,不断选择科学结构,促使整体功能不断提高。

系统工程的程序一般分为七步:一是分析环境明确问题;二是确定目标;三是系统评价;四是系统综合;五是模型分析;六是系统优化;七是系统决策与实施。

系统工程方法论目前最主要的有两个:霍耳三维结构与切克兰德方法论。

霍耳三维结构是由美国学者 A. D. 霍耳等人在大量工作实践的基础上,于 1969 年提出的,如图 1-1 所示。之所以称为霍耳三维结构,是因为霍耳的这个三维结构图直观展示了系统工程的各项工作内容,通过时间、逻辑、知识这三维集中体现了系统工程方法的系统化、综合化、最优化、程序化和标准化等特点。

如果以 x 轴表示时间维, y 轴则表示逻辑维, z 轴就表示知识维。

其中,时间维表示系统工程的工作阶段或进程,并依据系统工程工作从规划到更新的整个过程分为以下七个阶段:

(1)规划阶段。主要是根据总体方针和发展战略制定规划。

(2)设计阶段。根据规划提出具体计划方案。

(3)分析或研制阶段。主要是实现系统的研制方案并分析、制定出较为详细而具体的生产计划。

(4)运筹或生产阶段。运筹各类资源及生产系统所需的全部“零部件”,并提出详细而具体的实施和“安装”计划。

(5)系统实施或安装阶段。把系统安装好,并制定出具体的运行计划。

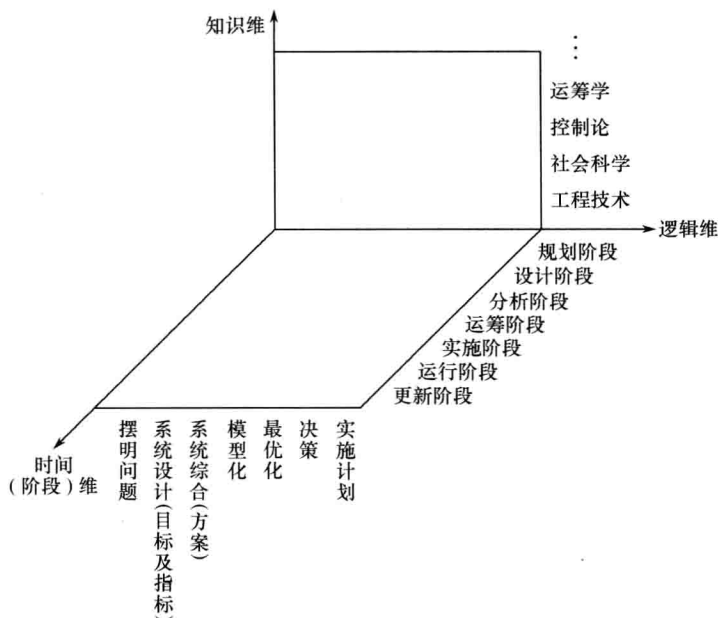


图 1-1 霍耳三维结构示意图

(6) 运行阶段。系统投入运行,为预期用途服务。

(7) 更新阶段。改进或取消旧系统,建立新系统。

逻辑维是指系统工程每阶段工作应遵从的逻辑顺序和工作步骤,一般分为以下七步:

(1) 摆明问题。同提出任务的单位对话,明确所要解决的问题及其确切要求,全面收集和了解有关问题历史、现状和发展趋势的资料。

(2) 系统设计。即明确目标并据此设计评价指标体系。确定任务所要达到的目标或各目标分量,拟定评价标准。在此基础上,用系统评价等方法建立评价指标体系,设计评价算法。

(3) 系统综合。实际上就是提出可行方案。

(4) 模型化。这一步主要是针对系统的具体结构和方案类型建立分析模型,并初步分析系统各种方案的性能、特点、对预定任务能实现的程度以及在目标和评价指标体系下的优劣次序。

(5) 最优化。

(6) 决策。

(7) 实施计划。

知识维的内容表征从事系统工程师所需要知识,如运筹学、控制论、社会科学等,也可以反映系统工程的专门应用领域,如企业管理系统工程、社会经济系统工程、工程系统工程等。

从 20 世纪 70 年代中期开始,许多学者在霍耳方法论的基础上,进一步提出了各种软系统工程方法论。其中,在 80 年代中前期由英国兰切斯特大学的切克兰德教授提出的方法比较系统且具有代表性。

切克兰德认为,完全按照解决工程技术问题的思路来解决社会问题或“软科学”问题,

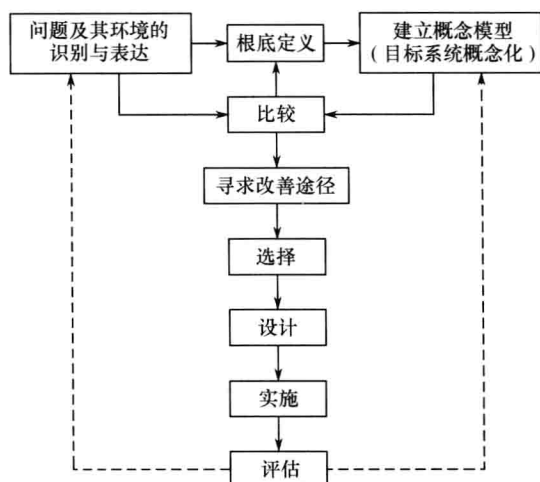


图 1-2 切克兰德方法论

会碰到很多问题。他提出的软科学工程方法论的主要内容和过程如图 1-2 所示。

从图 1-2 中可以看出,切克兰德方法论首先也是从问题入手,不过这里随后出现了一个新概念——根底定义。根底定义是切克兰德方法论中较具特色的阶段,其目的是弄清系统问题的关键要素,为系统的发展及其研究确立各种基本的看法,并尽可能选择出最合适的基本观点。这一步实际上是对问题的进一步深化认识。然后是建立概念模型,概念模型是来自于根底定义,并通过系统化语言对问题抽象描述的结果,概念模型的结构及要素要符合根底定义的思想,并且能够实现。

第四步和第五步是比较及探寻,这两步也是切克兰德方法论中比较鲜明的,这两步主要是将第一步所明确的现实问题和第三步所建立的概念模型进行对比,当然在比较过程中,也可以对根底定义的结果进行适当修正。

比较和探寻完后,自然进入第六步选择。之后同样是设计与实施,评估与反馈。切克兰德方法论的核心是比较与探寻,它强调从理想模式与现实状况的比较中,探寻改善现状的途径,使决策者满意。

其实,无论是霍耳三维结构还是切克兰德方法论,它们都是系统工程方法论,都以问题为起点,具有相应的逻辑过程。在此基础上,两种方法论又各有不同,各有侧重点:

- (1) 霍耳三维结构主要以工程系统为研究对象,而切克兰德方法更适用于对社会经济和经营管理等“软”系统问题的研究;
- (2) 霍耳方法论的核心内容是优化分析,而切克兰德方法论的核心则是比较学习;
- (3) 霍耳方法论更多关注定量分析方法,而切克兰德方法论则比较强调定性或定性与定量有机结合的基本方法。

1.1.3 武器系统工程要点

武器系统工程之所以能够引人注目,一个很大的原因是阿波罗宇宙飞船的发射成功。应用系统工程可以避免大型工程项目的失败,至少是可以减少损失。现代武器装备系统的复杂性要求自觉地应用系统工程的理论,确保获得可生产、可使用和可保障的系统,以减少风险、加快进度、降低费用负担、满足任务需求。

军事部门采办的过程,是获取武器装备系统的过程。这个过程包含的工作可模型化为输入、中间过程和输出。输入的是用户提出的需求和约束条件;中间过程是通过建立并保持系统效能、进度、费用和保障性之间的平衡而对技术活动进行管理的过程,这一过程是通过系统工程来实现的;输出的是系统本身。最终达到采办的目标:及时地部署、使用和保障一个有效的系统,该系统在可承受的费用条件下满足用户的需求。也就是说,采办工作是把一个军事需求转变为一个作战系统所需要进行的合乎逻辑的系统工作,这就离不开系统工程。

武器系统工程主要有以下要点。

1. 全系统的观点

武器装备系统除了主装备(如飞机、坦克)之外,还有综合保障(或技术保障)要素,如维修规划、人员数量与技术等级、供应保障、保障设备、技术资料、训练与训练保障、计算机资源保障、保障设施、包装、装卸、储存和运输等要素。主装备与综合保障诸要素共同构成武器装备系统,它们之间具有有机的联系,是一个不可分割的整体,如果失去某一要素,该系统就不能完成其预定的功能。如果在论证、设计、研制时,只注意主装备,忽视综合保障诸要素,造成主装备与综合保障诸要素之间不匹配,必将制约武器装备系统效能的发挥。所以,在武器装备系统的研制时,对主装备和综合保障诸要素要同步考虑。即在武器装备的最初设计阶段就考虑武器装备的综合保障诸要素,并随着研制工作的深入细化,要反复分析,综合权衡,使主装备与各综合保障要素之间,以及各综合保障要素之间相互协调匹配,保证武器装备系统在交付使用之时就能形成有效的战斗力。

2. 全寿命过程

全寿命过程(或寿命周期过程)是指武器装备从立项论证开始直到退役处理的整个过程。不同类型的武器装备,其全寿命过程的阶段,因性质、功能、复杂程度等的不同而有所不同。但一般武器装备的寿命周期大致可分为立项论证、初步设计(预研)、详细设计及研制、生产及部署、使用保障、退役处理等阶段,如图 1-3 所示。

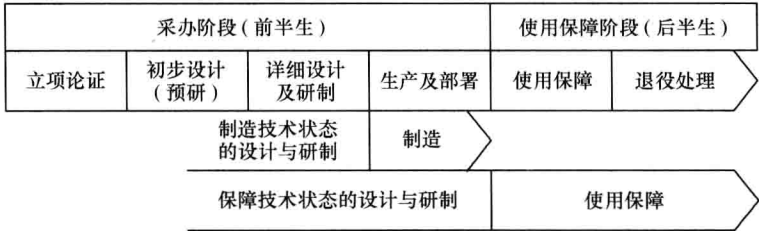


图 1-3 装备全寿命过程

立项论证阶段主要是提出战术技术要求和论证技术经济可行性,探索各种备选方案。初步设计(预研)阶段主要是对备选方案进行分析、评价和确认。详细设计及研制阶段包括详细工程设计、样机研制、保障诸要素研制、试验、评估、鉴定直到能生产的状态为止。生产及部署阶段包括制造、安装、调试、验收、培训人员、配备保障直至交付使用或部署。如果是选择武器装备,则称选型、购置、安装、调试阶段。以上是武器装备的前半生,总称为武器装备的采办阶段。武器装备的后半生由使用保障和退役处理阶段组成,如图 1-3 所示。图中还表示出制造和保障的全寿命过程,它们是在相应的阶段平行发展的。

武器装备全寿命过程的各阶段管理工作有着密切的关系。传统武器装备管理,把综

合保障工作看成是“事后”的工作,武器装备生产定型以后,甚至投入使用以后,才考虑各种综合保障的问题。在武器装备不太复杂的情况下,忽视综合保障,还不会对装备的使用保障带来多大的影响。随着武器装备复杂程度的提高,若仍然忽视综合保障问题,则在武器装备交付使用之后,必定很快处于无用状态,不能发挥作用。

系统采办(从立项论证开始到向部队交付最后一批生产武器装备的全过程)的各个阶段,特别是早期,对系统研制的成败关系甚大。早期的努力,将在后续阶段产生更大的效益。早期的决策,将对系统的效能、费用和进度有着深远的影响。一旦进入生产及部署阶段,再要返工、修改及设计,已很困难。木已成舟,修改不仅费时、费钱,有时甚至不可能,只得把问题遗留到作战使用中去,造成严重的后果。

3. 从用户到用户的过程

任何一个产品,不管是武器装备还是民用设备,都是为了满足用户的某一需求而出现的。用户的需求,是设计制造的出发点和落脚点,“用什么武器,就生产什么武器”,而不是“生产什么武器,就用什么武器”。产品只有投入使用才能体现其价值,衡量其优劣,只有用户才是产品使用适用性的终极裁判。这里所谓的使用适用性,是指产品能满意地投入使用的程度。武器装备系统的优劣,也只有用户在使用保障中来评价。这就是说,产品是从用户的需求开始,经过规划、研制设计、制造,最后由用户评价使用保障,其全寿命过程是从用户到用户的过程。

4. 以设计为中心

一个系统的研制成功,往往要经历研究、设计、试制和试验的反复迭代过程。这一过程不是以产品加工为中心,而是以系统分析和设计为中心展开的。研制过程应以设计为主导。研究是为了给设计提供可用的成熟的技术成果,试制是为了实现设计意图,证明设计的可实现性,试验是检验设计是否符合要求,所以整个研制过程都是为了确定一个符合要求而又可行的设计。通过研究、设计、试制和试验的反复迭代过程,及早发现和揭露设计中的薄弱环节,把设计问题尽量解决在文件和图纸上。传统的方法是进行样机试验,但有些设计缺陷,到样机制造出来以后的试验才能发现,这样,不仅造成损失,而且延误进度,有的缺陷已很难纠正。所以,以设计为中心,在投入生产以前,及早发现、纠正缺陷是一种经济有效的方法。

5. 工程专业综合

现代武器装备系统,如飞机、军舰等的研制过程伴随着一系列新原理探索、新技术应用、新方案构思、新工艺攻关、新产品加工以及新的分析、计算、试验方法和工具的开发,这一系列以创新为特征的大规模工程活动,对工程设计人员和管理人员提出了更高的要求。要在有限的时间和经费的条件下完成一个复杂系统的设计,仅靠少数人的知识、经验和努力,已很难把各方面问题都想得很细致周全,解决得很彻底。系统工程出现以后,把彼此并不相关的众多学科、相互不完全理解的各行专家以及千百个目标各异的研究、设计和制造单位联系到了一起。这里不仅有传统的工程专业,如机械工程、空气动力学、热力学等,而且还有专门的工程专业,如可靠性工程、维修性工程等,如图 1-4 所示。

传统设计师主要依靠该领域的技术工艺水平开展工作,它为武器装备获得优良性能奠定基础;但不可能在保证进度和费用的前提下获得最优的效能。为了达到这一目标,除传统工程专业外,还需要专门的工程专业,以及试验工程和生产工程等的综合(图 1-5)。

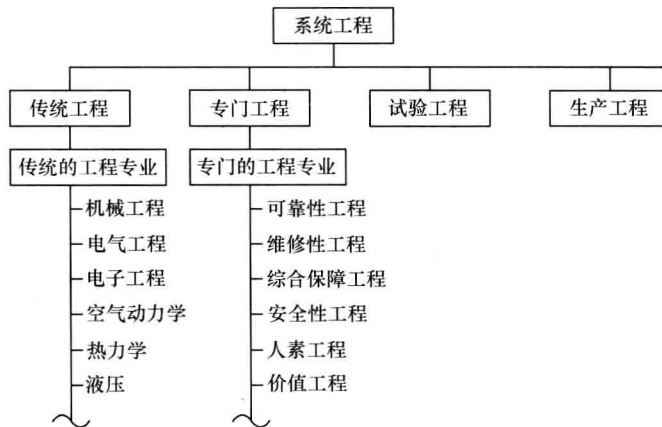


图 1-4 工程专业综合

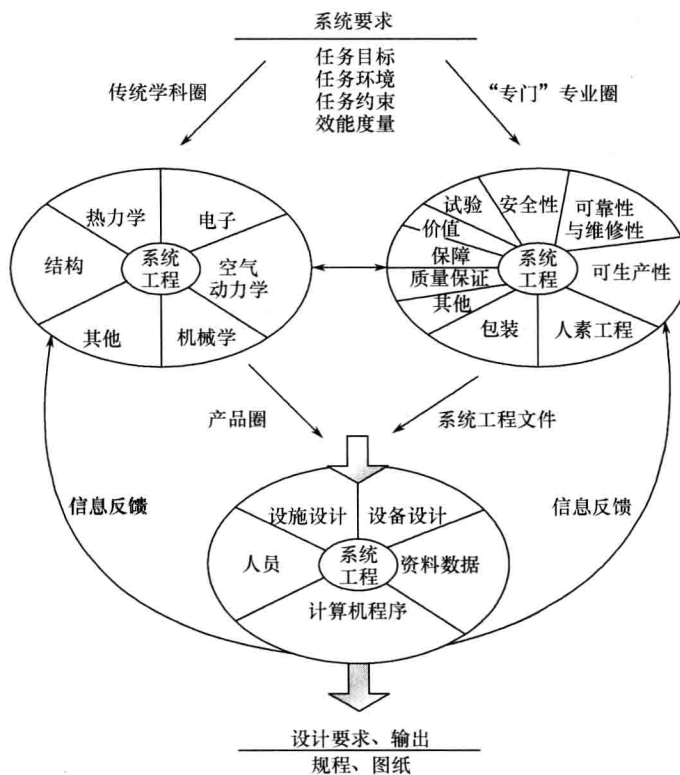


图 1-5 设计中的综合过程

只有这样,才能少走弯路,减小风险,创造出效能高而费用低的武器装备。

1.2 武器系统工程过程

1.2.1 武器系统工程过程简述

武器系统工程是将用户提出的使用需求转化为系统性能参数和优化的系统技术状态

描述的各项活动和决策逻辑序列。它包括以下四项主要活动：

- (1) 功能分析；
- (2) 综合；
- (3) 评价与决策；
- (4) 系统要素描述。如图 1-6 所示。

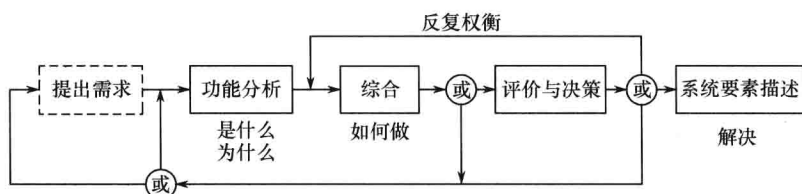


图 1-6 系统工程过程

功能分析是明确系统必须完成的基本功能是什么和为什么，它应回答有关系统设计“是什么”和“为什么这样做”的问题。

综合是对功能分析的“是什么”的输出提供“如何做”的回答。

评价与决策是指在设计和研制全部活动中，连续进行评价与决策以满足需求、进度、费用、可接受的风险要求。

系统要素描述是对硬件（设备）、软件、人员、设施和技术资料的说明。

武器系统工程过程是一个反复迭代的过程，随着每一次的应用，系统要素描述变得更加具体，最后输出的是系统所有要素的技术状态描述或一组准备生产的文件和图纸，从而产生出一个技术上合理、经济上合算、研制周期短、作战效能高、可生产、可使用、可保障的实际系统。

武器系统寿命周期各阶段的主要活动，如图 1-7 所示。

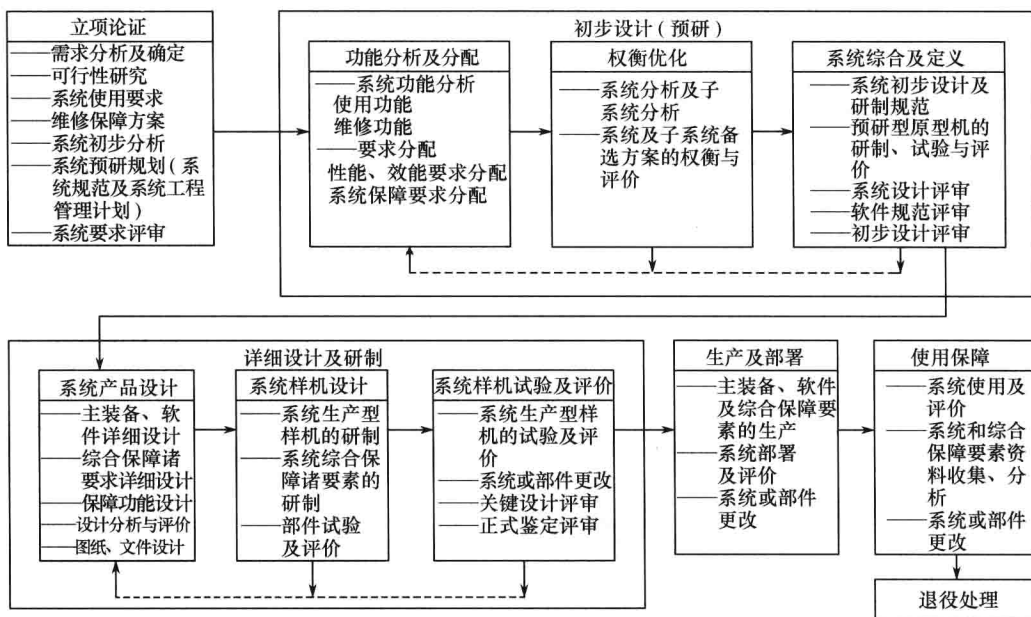


图 1-7 系统寿命周期过程的主要活动（举例）

虽然武器系统工程过程的原则与技术同样也适用于生产及部署阶段,但是从系统“优生”作用上考虑,武器系统工程主要强调适用于立项论证、初步设计和详细设计三个阶段。实践证明,在这三个阶段中,如果没有认真按照武器系统工程过程,反复分析综合、权衡优化,而是急于求成,那么将会导致所研制系统的性能、费用、进度和保障性达不到预期的要求,最终使用户使用保障负担沉重,难以形成应有的作战能力。

1. 立项论证阶段

这个阶段又可以分为立项和论证两个步骤。第一步,根据需求分析,进行可行性研究、决策型号立项;第二步,确认原有的基准对照系统,探索与选择各种备选方案。

立项论证阶段的活动对系统研制的成败关系甚大。应在明确系统作战使用需求的基础上,确立使用计划、初始分析以及关键分系统和重要设备(如飞机发动机和电子设备),初步分析系统的效能、费用、进度和风险,选择出效费比高的优化方案,形成功能基线和系统(A类)规范。

2. 初步设计(预研)阶段

这个阶段也称预研阶段。它的主要活动是对已经选定的方案进行功能分析、分配,确定分系统和设备的定性、定量要求,重新评价效能、费用、进度要求,不仅在效能、费用、进度之间权衡,而且在可靠性、维修性、保障性以及综合保障诸要素之间权衡,进行系统的初步设计的预研性原型机(验证样机)的研制性试验,形成分配基线和研制(B类)规范。

3. 详细设计及研制阶段

这个阶段的主要活动是进行详细工程设计,完成生产所需的成套图纸,提供使用试验所需的综合保障(如备件、试验设备、技术手册、人员培训等),修改原型机,形成生产型样机,对分系统和设备进行试验及评价,确定系统的作战效能和使用适用性,形成产品基线和产品(C类)、工艺(D类)、材料(E类)规范。

4. 生产及部署阶段

这个阶段的主要活动是主装备、软件及综合保障的生产及部署,系统的评价及更改。

5. 使用保障阶段

这个阶段的主要活动是系统的评价及更改。

1.2.2 武器系统寿命周期各阶段主要工作

一、立项论证阶段

立项论证阶段首先要确定基准比较系统,对比分析,以便优选效费比最佳的系统方案,其主要活动有需求分析及确定、可行性研究、系统使用要求及维修保障方案、系统初步分析、系统预研规划、系统规范以及系统要求评审,其相互关系如图1-8所示。

1. 需求分析及确定

根据我军战略方针、作战任务、外部威胁、作战对象分析、武器装备在未来战争中的地位和作用、现役装备存在的问题、经济实力和科技水平等来确定需求。例如:

(1) 根据作战对象威胁分析,可能导致某一任务范围内能力的不足而确定需求;

(2) 分析现有装备在使用、维修中暴露的问题,如性能落后,出勤率低,保障费用高,难以在今后保持所需作战效能而确定需求;

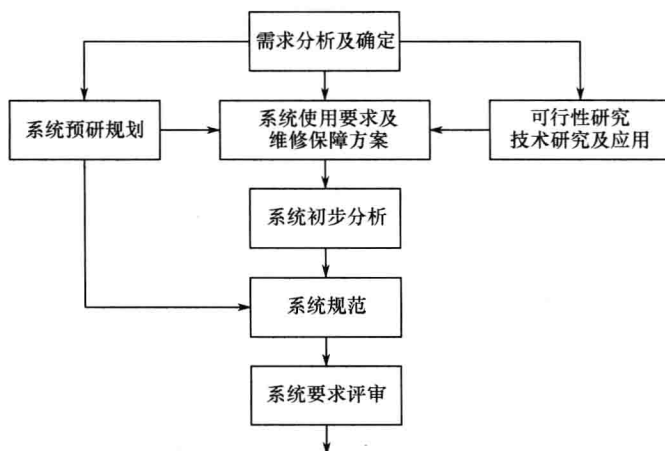


图 1-8 立项论证主要活动

(3)按照使用寿命预测装备的服役年限,为装备的更新换代而确定需求;

(4)发现科学技术上的重大突破,分析会对武器装备与未来战争中产生深远影响而确定需求。

用户的需求是设计、制造武器装备的出发点与落脚点。军事部门是武器装备的使用者,最了解武器装备的需求。研制新型武器装备的目的以及所需的作战能力、作战使用条件、维修保障要求,应按使用者的需求来确定。全面地分析用户的需求,科学地确定用户的需求,是“优生”装备的关键,它直接影响到今后武器装备能否完成其作战使命任务,发挥其战斗效能。然而,多年来的实践表明,由于需求分析不充分,需求迟迟不确定,决策多变,又急于求成,使研制者无所适从,造成一些“首长工程”、“司令型号”以失败而告终;也由于忽视用户的需求,特别是忽视在野战条件下用户使用、维修的需求,致使装备部署以后,不能形成应有的战斗能力,不受用户欢迎。所以,完整、准确地确定需求,是系统工程中至关重要的第一步。

2. 可行性研究

可行性研究是由一系列技术与管理的调查研究所构成的。它实质上是早期需求确定的延伸与扩充。在系统的需求确定之后,跟随着的是评价在系统研制中可以应用的各种技术与方法,以满足所提出的需求。

例如,设计通信系统,是采用光导纤维技术,还是采用传统的导线;设计飞机时,复合材料占多大比重,采用哪种信号和图像处理技术,是否采用隐身技术;设计控制件是采用超小型集成电子器件,还是采用传统的方法。

可行性研究,主要是决策采用何种设计方法,进行有关技术的调查研究及其应用。有时,还要专门预研一种新的技术或方法,以满足某种应用的需要,这就要及时安排系统预研规划(图 1-8),以便预研与随后的初步设计有序进行,同步前进。

采用何种高、新技术,是依靠各行各业的专家来决定的。这些专家通常只是某一专业学科方面的专家,而不是对整个系统而言的。对整个系统的可行性研究,还要有系统工程学科的专家参加,共同评价所提出的系统需求的正确性和技术上的可行性,并从性能(效能)、保障性(可靠性、维修性)、进度、费用四个方面综合权衡,提出初步备选方案,进而导