

武器系统分析

◎徐培德 谭东风 编著◎



国防科技大学出版社

前 言

现代武器装备的研制是一项非常复杂的系统工程，研制中具有很强的探索性和综合性，涉及大量的评估与决策问题。武器系统分析是武器装备发展、研制、生产和装备使用过程中进行决策分析的理论和方法。目前，武器系统分析的理论与方法在国内外的武器装备的发展中已得到广泛的应用。

武器系统分析是伴随军事运筹学与系统工程的发展而产生和逐步完善的。军事运筹学产生于一次世界大战至二次世界大战末期，二战期间军事运筹学所研究的问题，主要是解决直接作战中所遇到的问题，如武器的有效使用问题，军事行动的有效组织方式等。二战之后，军事部门所面对的一个很重要的工作便是武器的发展（开发），作为服务于军事任务的军事运筹学的一个重要任务也就成为给新武器的研制开发提供支持。由于科学技术的发展，新武器的功能越来越强，使得武器的研制越来越复杂，同时和平时期的战略分析也更具有复杂性，在进行方案的选择时，非常需要有科学的分析方法作为支持决策的手段，由此促使武器系统分析的产生与发展，目前已成为军事运筹学的一个重要的分支。

我国武器系统分析工作起步较晚，但随着军事工业和武器装备的发展，同时又有了系统工程方法思想的普及和深入，我国的武器系统分析工作也得到较快的发展，目前已具有相当的规模。

武器系统分析是一门综合性的学科，涉及军事运筹学、数学、决策分析理论、武器工程与计算机技术等学科理论。本书主要针对我国装备研制和发展的需要和具体特点，既着重深入的理论探讨与定量分析，也有丰富的概念介绍和定性分析，还有很多背景知识的介绍，反映了国内外在这一领域的研究进展，如武器系统的风险分析理论、概念建模的理论与方法等。

本书是作者在武器系统分析方面多年教学和研究的基础上形成的，大部分内容经过多次的讲授，有较强的针对性。目前国内还很少有关于武器系统分析的专著问世。本书力求进行一些尝试，对武器装备发展中的理论、方法和经验进行系统总结和完善，形成比较完整的武器系统分析理论方法，为提高武器装备的中长期规划、研制论证和管理的水平提供理论基础。

全书共分八章，第一至第七章由徐培德编写，第八章由谭东风编写，全书由徐培德统稿，何晓晔、董献洲也为本书做了部分工作。限于编著人员水平，本书错误和不妥之处在所难免，希望读者批评指正。

编著者

2001年6月

目 录

第一章 武器系统分析概论

1.1 武器简介	(1)
1.1.1 武器的起源和发展	(1)
1.1.2 武器的种类	(3)
1.1.3 现代武器的特点	(3)
1.2 武器系统分析的基本概念	(5)
1.2.1 历史背景	(5)
1.2.2 系统分析与系统工程	(6)
1.2.3 系统分析的基本内容与步骤	(8)
1.2.4 武器系统分析的概念	(9)
1.2.5 系统分析的优点和局限	(10)
1.3 武器系统分析的目的与方法	(11)
1.3.1 军队武器系统的来源	(11)
1.3.2 武器系统寿命周期	(12)
1.3.3 武器系统分析的任务与目的	(14)
1.3.4 武器系统分析中的几个问题	(14)
1.4 决策分析技术	(17)
1.4.1 系统建模与仿真技术	(17)
1.4.2 系统优化技术	(25)
1.4.3 系统预测方法	(36)
1.4.4 决策分析方法	(47)

第二章 目标的搜索理论与方法

2.1 引言	(52)
2.2 搜索论原理	(53)
2.2.1 搜索规律及数学模型	(53)
2.2.2 搜索的描述式模型	(54)
2.2.3 搜索的标准式规划模型	(63)
2.2.4 搜索的标准式对策模型	(67)
2.2.5 搜索的观察器材	(67)
2.3 搜索运动	(72)
2.3.1 相对运动中的发现势	(72)

2.3.2 等速直线运动中发现目标的概率	(79)
2.4 搜索效率(效果)	(81)
2.4.1 搜索的效率指标	(81)
2.4.2 发现概率与发现期望时间的计算	(83)
2.4.3 搜索中发现目标的期望次数	(86)
2.5 搜索方法	(89)
2.5.1 面搜索(给定区域搜索)	(89)
2.5.2 线搜索	(90)
2.5.3 应召搜索	(91)

第三章 射击效率分析

3.1 武器射击效率概述	(94)
3.1.1 有关射击的基本概念	(94)
3.1.2 射击效率的概念	(98)
3.2 射击误差	(101)
3.2.1 射击误差的概念和分布律	(101)
3.2.2 圆概率误差与概率误差	(105)
3.2.3 射击的相关性与误差分组	(106)
3.3 对目标的毁伤律	(108)
3.3.1 毁伤律的基本概念	(108)
3.3.2 毁伤律的基本类型	(112)
3.3.3 零查毁伤律	(114)
3.3.4 阶梯毁伤律	(115)
3.3.5 指数毁伤律	(115)
3.3.6 对地面目标的坐标毁伤律	(118)
3.3.7 杀伤面积与矩形毁伤律	(118)
3.3.8 椭圆毁伤律	(119)
3.4 单发命中概率	(120)
3.4.1 一般表达式	(120)
3.4.2 精确公式	(123)
3.4.3 近似方法	(129)
3.5 对单个目标的射击效率	(131)
3.5.1 独立发射(一组误差型)的毁伤概率	(131)
3.5.2 非独立发射(两组误差型)的射击效率	(136)
3.6 对集群目标的射击效率	(139)
3.6.1 射击效率指标	(139)
3.6.2 根据单位目标的毁伤概率进行计算	(140)
3.6.3 根据毁伤目标数的分布律来进行计算	(143)

3.7 对面积目标的射击效率	(146)
3.7.1 射击效率指标	(146)
3.7.2 对线目标的射击效率	(147)
3.7.3 对矩形目标的射击效率	(148)
3.7.4 对圆目标的射击效率	(148)
第四章 武器系统的可靠性	
4.1 可靠性理论的基本概念	(150)
4.1.1 可靠性的定义及数量化	(150)
4.1.2 系统(产品)可靠性与其寿命周期的关系	(150)
4.1.3 可靠性的量化指标	(152)
4.1.4 维修性及其主要数量指标	(155)
4.1.5 有效性	(155)
4.2 系统可靠性的分析	(156)
4.2.1 不维修系统可靠性分析	(156)
4.2.2 可维修系统可靠性模型	(169)
4.3 系统可靠性的预测和分配	(174)
4.3.1 系统可靠性的指标论证	(174)
4.3.2 系统可靠性预测	(175)
4.3.3 系统可靠性的分配	(178)
4.4 武器使用中的可靠性问题	(180)
第五章 武器系统效能分析	
5.1 效能的基本概念	(183)
5.1.1 效能概念	(183)
5.1.2 系统效能指标与性能指标	(184)
5.2 效能指标的选择	(185)
5.2.1 效能指标的类型	(185)
5.2.2 效能指标的选择	(185)
5.2.3 效能指标分析的一个例子	(188)
5.2.4 效能指标评估的方法	(189)
5.3 武器系统的效能模型	(191)
5.3.1 效能模型的用途	(191)
5.3.2 效能分析的步骤	(191)
5.3.3 系统效能模型	(192)
5.4 C ³ I 系统的效能分析	(200)
5.4.1 C ³ I 系统概述	(200)
5.4.2 C ³ I 系统的评价	(202)

5.5 武器的等效研究	(210)
5.5.1 Lanchester 方程	(210)
5.5.2 武器战斗价值的等效研究	(213)
5.5.3 武器装备的总价值及损耗方程	(215)

第六章 费用分析及费效分析方法

6.1 费用分析概论	(217)
6.1.1 费用类别	(217)
6.1.2 方案的经济性分析	(218)
6.1.3 费用的相关性	(220)
6.1.4 费用的时间因素	(220)
6.1.5 费用的不定性	(221)
6.2 系统寿命周期费用估算	(223)
6.2.1 引言	(223)
6.2.2 费用估算的一般方法	(223)
6.2.3 按费用设计的原则	(228)
6.3 费用效能分析	(229)
6.3.1 费用—效能分析的基本知识	(229)
6.3.2 费用—效能分析的一般原理	(231)

第七章 风险分析

7.1 风险的基本概念	(235)
7.1.1 风险的定义	(235)
7.1.2 风险种类	(236)
7.2 风险管理方法	(240)
7.2.1 风险管理结构	(240)
7.2.2 风险评估	(241)
7.2.3 风险分析	(243)
7.2.4 风险处理	(245)
7.2.5 现代风险管理方法和技术	(247)
7.2.6 风险的量化	(250)
7.3 风险分析技术和方法	(253)
7.3.1 等风险轮廓线法	(253)
7.3.2 风险参数法 (Risk Parameter Method - RPM)	(255)
7.3.3 概率事件分析法 (PEA - Probability Event Analysis)	(257)
7.3.4 决策分析方法	(258)
7.3.5 寿命周期费用分析	(260)
7.3.6 风险评审技术 (VERT)	(263)

7.4 风险源概览	(269)
7.4.1 技术风险源	(269)
7.4.2 计划风险源	(270)
7.4.3 保障性风险源	(273)
 第八章 武器系统概念建模理论与方法	
8.1 CMMS 概述	(277)
8.1.1 CMMS 基础	(278)
8.1.2 高级 CMMS 技术	(281)
8.2 概念建模工程	(284)
8.2.1 概念建模过程	(286)
8.2.2 知识获取	(287)
8.2.3 概念结构化描述	(288)
8.2.4 概念模型形式化描述	(289)
8.2.5 概念模型验证	(290)
8.3 案例研究	(291)
参考文献	(293)

第一章 武器系统分析概论

1.1 武器简介

武器系统分析工作中所涉及的主要研究对象就是武器系统,具备武器系统以及有关领域的一些基本知识,对于进行武器系统分析工作是必不可少的。实际上,对一个从事武器系统分析工作的人来说,关于武器的知识掌握得越多就越有益于其工作。下面我们只简单介绍一些有关武器系统方面的知识,以便大家能熟悉一些基本概念和名词。

1.1.1 武器的起源和发展

武器,也称为兵器,是人群之间进行斗争所使用的工具。

狭义的武器,是指直接用于杀伤有生力量和破坏军事设施的工具;从广义上讲,武器是指直接或间接用于武装斗争的工具,即包括战斗武器、保障武器两大部分。

从历史上看,自从有了人类,便有了战争,所以作为人类战争工具的武器,其历史与人类是同样悠久的。

武器在原始社会已经萌芽。在石器时代,武器与工具是合为一体的,劳动时作为工具,战斗时便作为武器。原始的器具兼有武器与工具双重作用,直到现代武器与工具也不能完全分离,但是从总体上看,武器在原始社会后期已从器具中分离出来,成为专用的作战器具——武器。人类最早的武器是石斧。

武器的发展是随着人类社会的发展而发展的,其发展的力量是战争的需要,其发展的水平受当时社会经济和科学技术水平的制约。为了满足军事斗争的需要,人们通常将一切可能的经济力量和最先进的科学技术用于武器制造方面,因而,武器的发展水平常常是当时社会生产力的突出标志;与此同时,武器的发展还有其自身的一些规律,例如,进攻性武器总是和防御武器装备和设施的发展彼此消长,武器的构造由简单变为复杂,射程由近到远,杀伤的威力由小变大。

人类最早制造武器的材料是木、竹、石、陶、皮、骨等简单的初级材料,其代表性的武器有石刀、石铲、石斧、石戈、石棒等。人类从公元前 21 世纪进入青铜时代,从而有了金属武器,如当时的古埃及已经拥有用青铜制造的短剑、长矛、长斧、圆锤、投石器、盾牌等。

从公元前 10 世纪至公元前 8 世纪,一些发达地区已进入铁器时代,而铁器一出现,就首先被用于军事,开始出现了铁兵器。在中国,春秋时代已有了铁兵器。

随着金属武器的出现,武器的形状、结构、技术等都有了发展。

火药的发明引起了武器发展的一个新时代,导致了冷兵器时代的结束,在中国,公元 10 世纪(宋朝初年)人们就已经普遍地了解火药的杀伤威力,并经常用于战争。在宋朝已出现了突火枪等火器。中国西夏(公元 1038 ~ 1227 年)则制成了世界上最早的管形火器

——铜火枪。中国元明朝时期出现了各种形式的火器,并与战车结合造出了“雷火车”、“火炬攻敌车”等。到了清代,中国兵器的发展处于停滞状态,而同一时期西方的武器却得到了飞速的发展。

15 世纪欧洲出现了炮身与药室合为一体的青铜炮。

17 世纪法国造出了燧发炮,并发明了刺刀,与此同时出现了轮式火枪和舰炮。滑膛枪取代了长矛,机动炮代替了攻城炮,从此披盔带甲的骑士时代过去了。

18 世纪 30 年代美国制成了第一艘螺旋桨战舰。

1800 年德国制成了第一艘飞艇——齐柏林飞艇,并正式装备各军事部门。

1850 年左右美国和德国造出了子弹壳。

1850 年到 1860 年发明了来福枪和圆顶子弹。

1846 年意大利造出了第一门线膛炮。

19 世纪中叶,出现了铁路并被用于军事运输。

19 世纪 80 年代,在无烟火枪和金属子弹的基础出现了自动机枪。

1906 年,英、法同时生产出坦克并用于作战。

1911 年 10 月 23 日,飞机首次在战争中使用。

1917 年,战斗轰炸机制造成功并成了地面战斗的主要参加者,自此,战斗从地面扩展到天空。

20 世纪初,毒气开始被用于军事,20 年代生物制剂被用于军事,武器库中又增添了化学和生物武器。

第二次世界大战爆发后,在战争的刺激下,武器的发展水平又达到新的高度,出现了火箭筒、无后坐力炮、快速坦克、自行反坦克火炮、弹道导弹、战略轰炸机、雷达、电子计算机、航空母舰和潜艇等。

1945 年,美国制造出了第一颗原子弹,并在同年的 8 月 6 日和 9 日分别在日本的广岛和长崎投下了一颗原子弹。从此世界进入了核武器时代。

1953 年 8 月原苏联造出了第一颗氢弹。

1977 年美国研制出了中子弹。

由于核武器的出现并与飞机、导弹、舰艇的结合,使现代武器的效能得到极快的增长,使武器的破坏性有了成倍的发展,当今世界上的核武器的总量,已可以将世界毁灭几次。

1983 年美国前总统里根提出了星球大战计划,准备发展新一代的太空防御系统,后虽然由于技术的不成熟而下马,但这已预示着一种新的武器——空间武器系统的可能出现。目前美国又在积极发展国家导弹防御系统(NMD),加速外层空间的军事化。

近年来,随着人类在高技术领域的不断进展,以军事信息技术、军用新材料技术、军用新能源技术、军用生物技术、军用海洋开发技术和军事航天技术为代表的军事高技术正在引起高技术武器装备的快速发展,一批新的武器种类正在研制或已被研制出来,如激光武器、粒子束武器、微波武器、动能武器及气象武器等。

武器是因战争的需要而被创造出来的,同时它又对战争的发展起了推动作用,其主要表现为每一种新武器的出现,都引起了战略、战术的相应变化,推动战争类型和样式的发展,推动着战争规模的发展。

武器是科学技术发展的结果,同时它又极大地刺激着科学技术的发展,武器是社会财富的结晶,又在大量消耗财富和毁灭财富。

由于武器杀伤力的极大提高已对人类生存发展造成严重的威胁,所以国际上有限制武器发展的要求和行动,但人类的各个民族和各个国家为着本身的生存与安全利益,仍在全力发展各种新型武器系统,装备自己的军队,提高军队战斗力。所以武器在今后相当长的时间内将会继续发展,肯定会有新的武器不断地出现。

1.1.2 武器的种类

武器发展到现代已成为一个非常庞大的家族,其总数已达到数十种、上百类。按照武器不同的特征,可以将武器作不同的分类,下面介绍的是几种常用的分类方法。

1. 按时代分类

可分为古代武器、近代武器、现代武器和未来武器。

2. 按制造材料分类

可分为木兵器、石兵器、铜兵器、铁兵器、复合金属兵器和非金属武器。

3. 按武器的性质分类

可分为进攻性武器和防御性武器。

4. 按武器的作用分类

可分为战斗武器和辅助武器。

5. 按能源分类

可分为冷兵器、火药武器、核武器、化学武器、生物武器、激光武器、粒子速武器、声波武器。

6. 按原理分类

可分为打击武器、劈刺武器、弹射武器、爆炸武器、定向能武器和动能武器。

7. 按杀伤力分类

可分为常规武器和非常规武器。

8. 按作战任务分类

可分为战略武器和战役、战斗武器。

9. 按使用空间分类

可分为地面武器、水域武器、空中武器和太空武器。

10. 按军种分类

可分为陆军武器、海军武器、空军武器和导弹部队武器。

11. 按用途分类

可分为压制武器、反坦克武器、防空武器、反舰艇武器和反卫星武器。

12. 按武器的重量分类

可分为轻武器和重武器。

1.1.3 现代武器的特点

现代武器是现在各国实际使用中的和库存的武器,其主要包括枪械、火炮、坦克、导

弹、飞机、舰船、生物武器、化学武器、核武器等,另外电子对抗武器、空间飞行器(武器)、C³I系统等也是几类发展很快的重要武器系统。

对于武器发展的研究来说,未来可能出现的武器装备也是值得注意的动向,这些武器有定向能武器、动能武器、人工智能武器、基因武器和次声武器等。

由于现代科学技术的飞速发展,使得现代武器的发展出现如下一些特点。

1. 新武器中具有先进的技术

同历史上的武器发展进程一样,现代武器中也大量使用目前人类所掌握的各种最先进的科学技术,这使得武器的各种战术技术性能得到了不断的提高,从而大大提高了军队的作战能力、机动能力、通信指挥能力、夜视能力等;同时新技术也给军队提供了很多新的武器系统和装备,给部队提供了新的战斗能力,如美军使用的全球定位系统(GPS)便在海湾战争中发挥了重要作用,GPS主要由分布在太空的二十四颗卫星所构成,美军的各个作战单位无论在什么时候和条件下,利用GPS提供的信息便能准确地定出本部所在的位置,给部队的行动带来了很大的方便。

2. 现代武器系统研制过程规模庞大、研制周期长

由于现代武器使用的先进技术多、功能齐全,使得武器系统结构变得越来越复杂,这样要研制一种新型的武器,往往要涉及非常多的研制机构,所需的协作面很广,例如美国在50年代进行的北极星导弹研制工作,有一万多家承包商和转包商参加,涉及几十万个管理项目,可见这是一个非常巨大的工程。

由于工程复杂,现代武器的研制周期都比较长,如一些典型的高技术武器装备的研制周期为:“爱国者”地对空导弹系统15年(1967~1982);F-22(第四代战斗机)15年(1985~1999),这里的时间指的是从立项到开始投产的时间。

3. 现代武器的发展耗资巨大

武器中大量新技术新材料的采用,不仅使系统的结构复杂化,而且也使系统的研制费用变得非常大,例如“爱国者”导弹系统的研制经费为20亿美元,F-22(第四代战斗机)的研制费用为140亿美元,美国MX战略导弹的研制费用为74.3亿美元,美国的“三叉戟”导弹(D5)的研制费用为94.5亿美元。

4. 现代武器的发展会遇到很多风险

由于客观条件突然变化或研制中技术攻关受挫,使得武器的发展计划经常会失败或更改,这在武器研制工作中是不可避免的,这就是武器发展中的风险问题,确切地说,所谓风险就是危及计划或工程项目的潜在问题,对武器发展而言,风险主要存在三类:

(1)效能风险

它是指武器系统某项(或某几项)性能指标达不到设计要求这样的风险,其后果将会对部队装备的计划发生不利影响,使部队的作战能力无法按计划那样达到一定的水平。这里最坏的情形是整个计划失败,即在计划进行过程中即宣告取消,或者武器研制出来后即放弃装备计划,使得大量的投资(资金、人力、时间)等白费。产生这种情形的原因是武器发展初期的论证工作不够完善或由于未预计到局势变动和对方武器的发展速度,这种情况中国出现过,国外也是经常见到的。

(2)费用风险

它是指武器系统在研制过程或生产、装备期间所耗费用超过预期目标这样的风险,它可用费用超额的数量的概率分布来表示。产生这种风险的原因是威胁态势的变化、经济形势的变化及设计、研制或装备计划的变更,由于这些因素是无法完全预测的,因而实际工作中费用的超支是司空见惯的,而且有些还是很严重的,最后的实际费用超过原来费用二三倍是很常见的情况,所以在武器发展中我们要看到有费用风险这一客观现象,同时我们又尽量把预测、计划作准,减少费用的变动幅度,保证计划的准确性。

(3) 进度延迟风险

它是指由于研制或部署进度推迟带来的风险,进度延迟带来的风险包括由于敌方技术的发展而使我方技术显得落后造成缩短服务期,降低相对的性能等以及在战争中或威慑过程中由于缺少该种武器而带来的损失。

1.2 武器系统分析的基本概念

1.2.1 历史背景

武器系统分析是伴随军事运筹学的发展而产生与成长的,并由于系统工程而形成而逐步完善的。

由于二次大战的爆发,使得很多国家都全力以赴地进行战争,各自集中了大量的人才从事武器和弹药的生产与应用研究。当时,英国、美国等国家均有大批的科学家、工程师及各类专业人员参加到军队与国防工作中,支援国家进行战争。他们在进行武器的发展研究与作战运用问题研究中,采用了过去所从事专业方面的大量知识和研究才能,创造了许多新的思想与领域,其中军事运筹学就是在这一期间所创立起来的一门新兴学科。

在二战初期,德国凭借其空中优势向英国发动攻击,德国的飞机从基地起飞后只需17分钟便可到达英伦三岛。为防御德国进攻,尽早探测到敌方的飞机,英国研制出了雷达并准备在战斗中使用,但由于配置不好,无法达到理想的效果。于是英军方组成了一个研究小组,帮助解决雷达的运用问题,其中为首的是杰出的英国物理学家布莱克特(P. M. Blackett)。他们的研究工作包括空袭雷达预警、雷达探测和夜间运行等方面的问题,其具体任务是要确定预警雷达网络和英国陆军防空司令部的武器间的最佳协调方法,解决用机载雷达设备探索潜艇和水面舰只的问题。他们的工作取得了较好的效果,赢得了声誉,这个小组被后人看做为历史上第一个运筹学小组。

在1941年至1942年期间,英国空军所使用的反潜战术效果不好,这个问题也被提出来研究了。各种不同的炸药量及飞机攻击方式,对攻击潜艇的效果都没什么提高。研究结果表明,敌潜艇在受到攻击时,通常还在水面上,或者刚刚潜入水中,而投下来的炸弹则是装定在100英尺或更深的水下爆炸。在这样的深度,由于海水的缓冲作用,使炸药对潜艇的作用变得非常微不足道,研究人员因而建议把炸弹的引信装定在约25英尺的深度上爆炸,但是引信装置的最小装定为35英尺,后来的实践说明,将炸弹装定在35英尺深度上爆炸,使反潜艇的效能提高了400%至700%。分析结果表明,有必要研制一个浅深度的发火装置或引信。

美国卷入第二次世界大战后,在其军队中也组建了很多运筹学小组,研究战争中所遇到的各类问题,到二次大战结束时,他们已研究了范围很广的问题,其中有舰队护航、反潜搜索和摧毁战术、水面舰只探测、截断海上的航线、炸弹和引信的选择、轰炸精度、丛林战、飞机追击战术、两栖作战等问题。由于这些研究工作,给战争提供了支援,也构成了军事运筹学的基础。

这期间军事运筹学所研究的问题,主要是解决直接作战中所遇到的问题,如武器的有效使用问题,军事行动的有效组织方式等。我们后面将会看到,正是因为有了这么多武器应用的研究工作,提供了对武器进行分析的经验和方法,为武器系统分析的发展打下了基础。

二战之后,武器系统分析的技术是以一种自然的方式发展起来的,因为战争结束后,军事部门所面对的一个很重要的工作便是武器的发展(开发),作为服务于军事任务的军事运筹学的一个重要任务也就成为给新武器的研制开发提供支持。由于科学技术的发展,新武器的功能越来越强,使得武器的研制越来越复杂,同时和平时期的战略分析也更具有复杂性,所以正确的行动方案的选择,非常需要有科学的分析方法作为手段,由此促使武器系统分析得以蓬勃的发展。

20世纪60年代系统工程的出现,使系统科学中的系统分析技术在各领域中得到广泛的应用,也使武器系统分析这门应用学科得到了完善和最终的确立。

目前,武器系统分析方法已得到相当的重视和广泛的应用,美国陆军早在1968年就已在原来的弹道研究所武器系统研究室基础上组建了美国陆军武器系统分析处,在1974年又将其扩建为陆军武器装备系统分析局。美国陆军在其规划报告中就鼓励陆军武器装备研制与采购司令部所属的各个机构和研究单位更广泛地使用系统分析技术。

我国武器系统分析工作起步较晚,但随着军事工业和武器装备的发展,同时又有了系统工程方法和思想的普及和深入,我国的武器系统分析工作也得到较快的发展,目前已具有相当的规模,从70年代末到80年代,我军的各军兵种都相继成立了相应的研究机构,如各装备论证中心、系统工程研究所等,开展大量的研究分析工作,获得明显的效益,提高了我国武器的中长期规划水平,促进了各种武器发展中的论证工作和分析工作,提高了我军装备管理水平和管理体制的合理化和高效化,为我国武器装备的发展提供了有力支持。我们相信,随着时间的推移,武器系统分析方法必定会发挥越来越大的作用,得到更广泛的应用。

1.2.2 系统分析与系统工程

在进行武器系统分析中,系统分析与系统工程的基本概念是必不可少的,所以我们应该对这些领域有一定的了解。

1.2.2.1 系统的概念

关于系统的定义目前使用的有很多个,我们这里将采用如下的定义:

系统是相互作用的诸元素的综合体,也可以说是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体,而且一个“系统”本身又是它所从属的更大系统的组成部分。

任何一个系统都具有以下几个特征。

(1)整体性:系统是由诸多要素构成的,它们互相之间不可分离,一旦要素与要素被分离,那么要素就不是原来意义的要素,系统也就不是原来意义下的系统了。

(2)集合性:指系统是由两个以上要素构成的集合体,并且这些要素在系统中的作用是不相同的。

(3)相关性:指系统要素与整体之间,各要素之间存在着这样一种相互作用与相互依赖的关系,即系统的功能与组成系统的要素的功能并不构成直接的线性关系。

(4)层次性:指系统具有一定的内部结构,即系统各要素之间的排列组合顺序和方式往往呈现为层次的结构,每个要素都存在于一定的等级和层次上,各自有条不紊地发挥着作用。

(5)可分解性:指系统的各要素是可以识别的,而且同层次的要素之间相互作用较强,不同层次要素之间的作用相对较弱。

(6)功能结构专一性:指系统的结构决定了系统的功能,构成系统的各元素或子系统都分别具有各自的特定功能,并由于他们之间相互作用、相互影响、合作而形成整个系统的功能。

(7)对环境的适应性:系统以外的各种因素或事物常常会对系统或其中的子系统产生影响,这些影响和作用没有达到使系统功能和性质发生根本变化时,可以认为系统是处于相对稳定状态,它对环境是适应的,当环境的影响使系统的性质发生根本性的变化,甚至使系统被破坏或形成另一个新系统时系统不具有环境适应性,环境对系统的作用可以看做是系统的输入,系统对输入进行加工产生输出,把输入转换为输出这也是系统的功能。

1.2.2.2 系统工程的基本原理

1. 系统工程的定义

简单地说,系统工程是组织管理“系统”的工程技术,美国军用标准 MIL—STD—499A 对系统工程的定义为:

系统工程是将科学和工程技术的成就应用于①通过定义、综合、分析、设计、试验和评价等的反复迭代过程将作战要求转换成对系统性能参数和系统技术状态的描述。②综合有关的技术系数,确保所有物理功能和程序接口之间的兼容性,在一定程度上使整个系统的确认和设计达到最佳状态。③将可靠性、维修性、安全性、生存能力、人的因素和其他的类似因素综合到整个工程之中,使费用、进度和技术性能达到总目标。

在系统工程的实现过程中,有一个对整个系统和子系统均要用到的基本处理方法,即根据系统的概念与系统的基本组成的特性,把对象作为系统进行充分调研、了解与分析,并将分析结果加以综合、评价,以寻求最有效的实现目标,系统工程的基本处理方法的具体化就是系统分析、系统设计。

2. 系统工程过程

尽管实际项目的要求不同,但为了最好地完成系统的设计工作,其过程应是一致的,其基本的系统工程过程的各项活动如图 1-1 所示。

1.2.2.3 系统分析概念(定义)

系统分析是一种辅助决策的工具,它是由系统分析人员按照系统思想、观点和理论,

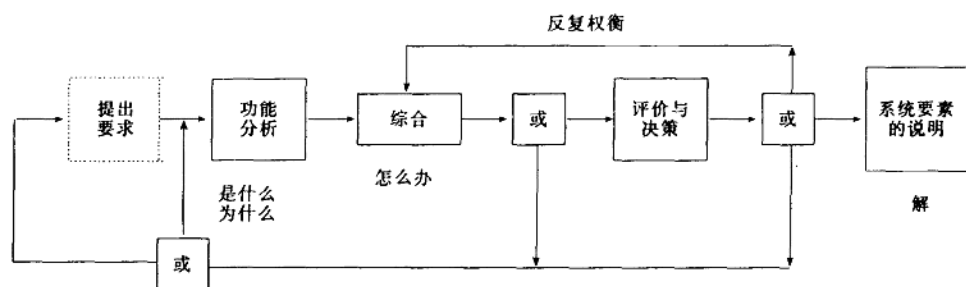


图 1-1 系统工程过程

用科学的分析方法和工具,探索出一些可供选择的方案,并从各个方面对这些方案进行评价,由此得出结果和建议供决策者选择方案时作参考。所以系统分析就是要按照系统的观点,用科学的分析方法,对确定的目标进行综合分析与评价,寻求最佳的可行方案,帮助决策者进行决策,系统分析的目的就是寻求最合理的最好的方案。

进行系统分析时要应用多种学科知识,如管理工程、运筹学、工业工程及其他各种专业知识,在定量计算与科学分析的基础上,结合成本/效益(费用/效能)分析,为选择具有特定目的多种方案提供决策支持。

对于一项计划项目而言,有两种应用系统分析的情况:一种是工程项目实施部门为使设计合理化而进行的预先研究工作,另一种是管理决策部门为审查方案时所进行的研究,这通常是委托专门的系统分析部门进行的。

1.2.3 系统分析的基本内容与步骤

系统分析是一个有目的有步骤的探索与分析过程,其目的是要为决策者的决策提供依据,为此要对各备选方案的费用、性能、可靠性、技术可行性和风险等方面进行分析评价,最后提出研究结果,供决策者选择最佳方案时参考。

系统分析的主要内容有这样七项:目标、方案、费用、准则或效能度量、模型、结果和建议,也称为系统分析的基本要素。

1.2.3.1 目标

这里目标指的是系统的目标,即系统的决策者(包括组织者,使用者)希望系统达到结果状态的定性描述或定量指标,系统的目标也是系统分析的出发点,在进行系统分析时,为了合理地决策,必须明确系统的目标,并尽量以定量指标表示。

1.2.3.2 方案

方案指的是供以达到系统目标的一些方案,这些方案不一定能互相替代,或者说,不一定能精确构成相同的功能,在系统分析中要鉴别所有可以想象到的合乎逻辑的方案,因为没有方案就没有进行分析的基础。

1.2.3.3 费用

指的是一个方案所需花去的费用,通常是评价一个方案的一个重要的因素,可有许多方法来估算费用,一般可用货币来表示,也可用其他方法,但在一次分析中,对于所有的方

案必须用同一种方法或等价的方法去估算各方案的费用。

1.2.3.4 准则

准则是效能的量度,它是评价所有竞争的系统(方案)的度量标准,用来评价各个系统达到目标的程度,因此准则必须定得恰当,可以度量。恰当地选定效能量度,往往是系统分析技术中最难把握的工作。

1.2.3.5 模型

模型是一项工作的一种物理关系(实体)的描述或抽象,而且往往是对实体中那些所要研究的特定特征的定量抽象,故模型有这样三个特征:①它是现实世界的某一部分抽象或模仿,②它由说明问题本质和特征的主要因素构成,③它集中表明这些主要因素之间的关系。

模型的作用是可以使人们了解到所研究实体的本质,而且在形式上更便于人们对实体进行分析和处理。

模型按其表达形式,一般可分为实体模型和符号模型,而实体模型又可分为物理模型和模拟模型,前者是按照模型相似性原理构造的原系统的小型(或放大)复制品,后者是不同的物理领域之间进行比拟类推的一类模型,符号模型可以分为①数学模型,即用数学语言描述的模型,②结构模型,描述物质结构(几何)特征和因果关系的模型,③仿真模型,是通过数学或混合(数学/模拟)计算机上运行的程序来表达的模型,④其他符号模型,如化学、音乐、美术等学科中的符号模型,另外还有用自然语言表达的直观描述或模型和大脑里装着的思维模型。

在系统分析中,模型的建立与问题的识别和理解具有紧密的关系,所以建立系统模型是进行系统分析或决策的前奏,而建模的成功与否表明了对所研究领域的知识水平。

1.2.3.6 结果与建议

结果是系统分析所得的结果,亦即对各备选方案进行评价的结论,对于分析的结果,一定不要用难于理解的术语来表达,以免让人理解困难,也不应采用不必要的高深的数学,而要根据决策部门的实际目标来说明研究的结果,同时分析人员要根据足够的分析结果,提出关于行动方向的科学建议。

以上所述系统分析的各项内容,在操作上应按一定顺序进行,在需要时还应反复进行,其具体的过程如图1-2所示。

1.2.4 武器系统分析的概念

现代武器的发展计划一般都是一个很庞大的工程,在实施这类工程中,均应当采用系统工程的管理方法,所以系统分析的工作量是很大的。

武器系统分析是根据武器系统预期的效能或利益,与要求或预测的系统费用和风险间的关系,对武器系统的发展计划或方案,所进行的一种分析研究和定量的估计与比较。

实际上,武器系统分析就是对一类特殊的系统——武器系统进行的系统分析工作,所以它具有一般系统分析的规律,也有其自身的特点,它主要是从武器的效能、费用和风险等因素来进行分析研究的。在实际工作中,武器系统分析不仅要有大量的定量分析与估计,也要进行充分的定性分析。

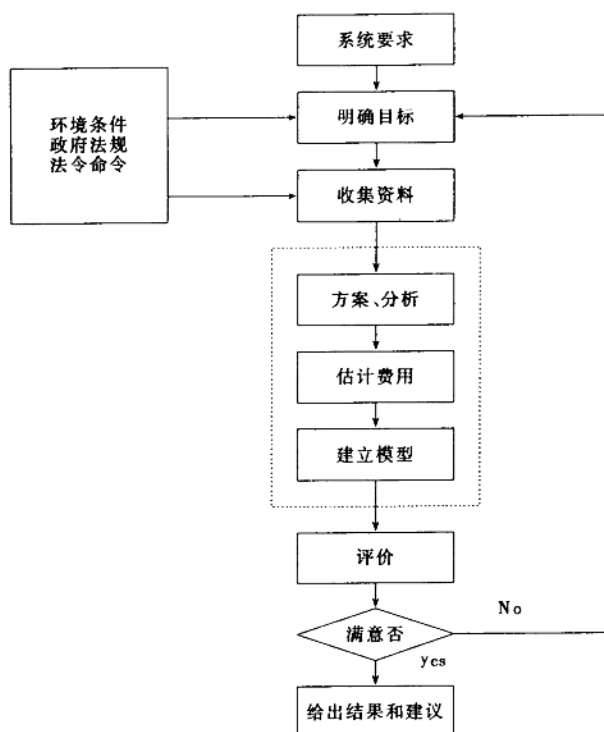


图 1-2 系统分析的过程

一般的武器系统分析可采用这样的方式,费用—效能研究(分析),参数设计与费用—效能研究,费用和性能研究,权衡研究或最优组合研究,现有装备的定量组合研究与分析,产品改进判定,风险分析,发展计划评价等。

对于不同类型的具体武器系统而言,系统分析内容的深度和广度会有所区别,即使是同一种武器系统在不同情况下(或不同阶段)其分析的着重点也会有所不同。例如对于导弹武器系统来说,如果是为了发展新型导弹武器系统,在系统设计之前进行系统分析,将着重于各种方案的比较与选择,寻找满足战术技术要求的最优方案;如果是对现有导弹武器系统装备部队之前进行系统分析,将着重于研究其最佳的战斗使用方案,以便最大限度地发挥导弹武器系统的作战效能;如果是在生产、制造或产品改进换代过程中进行系统分析,则需对各分系统、部件、设备及各环节进行分析研究,应着重于费用、效能的分析比较,寻求满足导弹武器系统总体性能的要求并达到最佳费—效比的指标;如果是在制订规划、计划或在确定研究发展方向之前进行系统分析,应在考虑技术基础、环境、条件、费用、风险、寿命周期等各种因素之下,进行全面深入的分析研究,寻求最理想的方案和决策。

1.2.5 系统分析的优点和局限

系统分析与传统分析方法相比其特点便是强调量化的分析,即通过对问题建立适