

武器装备发展 系统论证方法与应用

李明 刘澎 等编著

THEORY AND PRACTICE OF
AN INTEGRATED AND SYSTEMATIC
DEMONSTRATION METHOD
FOR DEVELOPMENT OF
WEAPON AND EQUIPMENT

国防工业出版社

武器装备发展 系统论证方法与应用

THEORY AND PRACTICE OF AN INTEGRATED AND SYSTEMATIC
DEMONSTRATION METHODS
FOR DEVELOPMENT OF WEAPON AND EQUIPMENT

李明 刘澎 等编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

武器装备发展系统论证方法与应用/李明等编著. - 北京:
国防工业出版社, 2000.9

ISBN 7-118-02317-5

I. 武… II. 李… III. 武器装备-研究-世界
IV. E92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 26934 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 100044)

三河市腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 31¼ 708 千字

2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1-2000 册 定价:58.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

目 录

第一章 装备论证方法论	1
1.1 方法论在装备论证中的作用	1
1.1.1 论证、决策及方法论	1
1.1.2 论证方法及其方法论的形成与发展	3
1.1.3 研究武器装备论证方法应注意的问题	5
1.2 武器装备论证的系统思想	6
1.2.1 研究对象系统的策略	7
1.2.2 研究论证问题的思路	8
1.2.3 论证手段和方法的综合集成	9
1.3 关于系统论证方法体系	10
1.3.1 系统论证方法体系的概念	10
1.3.2 对当前论证分析方法的分类	10
1.3.3 各类论证分析方法的使用时机	12
1.3.4 论证方法体系的层次结构	14
1.4 系统论证的硬方法和软方法	15
1.4.1 硬系统方法论的论证思路	16
1.4.2 软系统方法论的论证思路	16
1.4.3 硬方法与软方法的解题特点	18
1.5 系统论证的综合集成	19
1.5.1 武器装备论证的综合集成方法论	19
1.5.2 系统论证综合集成的途径	21
1.5.3 综合集成的论证方法	26
参考文献	27
第二章 装备论证模式	28
2.1 论证模式及其分析	28
2.1.1 论证的一般模式	28
2.1.2 武器装备论证的基本模式	29
2.2 发展战略的系统论证模式	32
2.2.1 发展战略的概念	32
2.2.2 发展战略的系统论证策略	35
2.2.3 发展战略的系统论证过程	38
2.3 发展型号的系统论证模式	44
2.3.1 装备型号的概念	45

2.3.2 型号系统的开发过程	46
2.3.3 发展型号的系统论证策略	50
2.3.4 发展型号的系统论证过程	53
参考文献	60
第三章 作战效能分析	61
3.1 确定作战效能的构成	62
3.1.1 与作战效能有关的作战能力因素	62
3.1.2 作战效能的构成要素	62
3.2 拟制作战想定	63
3.2.1 作战想定的核心问题	63
3.2.2 作战想定的基本构思	64
3.2.3 设计作战模型时应注意的问题	65
3.3 评估作战效能指标	67
3.3.1 战斗效能指标评估	67
3.3.2 兰彻斯特战斗理论	68
3.3.3 军事指数法	73
3.4 对作战效能进行仿真评估	75
3.4.1 作战效能分析中的仿真模拟	75
3.4.2 仿真模拟的步骤	77
3.4.3 仿真模拟模型的结构	79
3.4.4 非对抗性武器装备的仿真模拟示例	80
3.4.5 对抗性武器装备的仿真模拟示例	86
参考文献	92
第四章 装备现状分析	93
4.1 诊断武器装备体制体系存在的问题	94
4.1.1 分析武器装备的战术配套状况	94
4.1.2 分析武器装备的技术配套状况	95
4.1.3 综合分析武器装备的体制与体系	96
4.2 对比分析作战使用性能水平	96
4.2.1 确定对比分析的主要内容	96
4.2.2 选取对比分析的评价准则	97
4.2.3 选取比较分析的比较对象	98
4.2.4 选择比较方法	98
4.3 对武器装备进行系统诊断	100
4.3.1 确定系统诊断的基本任务	100
4.3.2 确定系统诊断的基本过程	102
4.3.3 确定系统诊断的基本内容	104
4.4 对装备现状进行定性与定量分析	104
4.4.1 采用 ABC 分类法对问题要素进行分类	105

4.4.2 采用因果分析法寻找产生问题的原因	106
4.4.3 应用主成分分析法确定问题要素的相互关系	108
4.4.4 通过因子分析法确定问题要素的相互关系	117
参考文献	122
第五章 方向重点分析	123
5.1 确定有关武器装备发展的策略	124
5.1.1 确定指导思想	124
5.1.2 确定发展原则	124
5.2 分析发展战略目标的特性	126
5.2.1 发展目标及其特性	126
5.2.2 发展目标与武器装备系统	128
5.2.3 发展目标的评价准则	128
5.3 建立发展方向的目标体系	130
5.3.1 提出发展方向及其目标的想定	130
5.3.2 建立武器装备发展目标体系	131
5.3.3 分析目标冲突和利害冲突	132
5.3.4 对发展目标之间的重要性进行评价	134
5.4 对发展方向进行规划	141
5.4.1 对发展方向进行前向规划	141
5.4.2 对发展方向进行反向规划	145
5.4.3 对发展方向进行前向与反向联合规划	147
5.5 提出武器装备发展的重点方案	151
5.5.1 确定发展重点时应遵循的原则	151
5.5.2 对发展重点的排序	152
5.5.3 进一步分析发展重点的优先序	156
5.6 在发展重点之间进行资源分配	158
5.6.1 进行资源分配应考虑的因素	158
5.6.2 资源分配中的群体效用函数	159
5.6.3 建立资源分配的群体决策模型	161
参考文献	163
第六章 体制系列分析	165
6.1 分析装备体制发展的作战需求	167
6.1.1 装备体制发展战略分析	168
6.1.2 分析装备体制的作战需求	171
6.1.3 分解作战能力需求	176
6.2 分析体制发展的制约因素	177
6.2.1 分析军事战略的约束	177
6.2.2 分析发展资源的约束	177
6.2.3 分析技术与生产能力的约束	178

6.3 设计体制发展的总体思路	179
6.3.1 分析相关因素	179
6.3.2 构思总体方案	179
6.4 进行系统分析	180
6.4.1 发展前景分析	181
6.4.2 装备寿命分析	182
6.5 提出发展设想	186
6.5.1 基本体系结构的设计	186
6.5.2 体制方案的拟制	187
6.6 评价方案和提出建议	188
6.6.1 进行综合评价	188
6.6.2 提出决策建议	194
参考文献	194
第七章 装备优化分析	195
7.1 分析使命任务和结构要求	196
7.1.1 分析战略环境和使命任务	196
7.1.2 分析装备结构现状和存在的主要问题	197
7.1.3 分析典型作战样式和装备结构要求	198
7.2 优化装备规模和比例结构	199
7.2.1 装备规模优化	199
7.2.2 装备数量结构优化	202
7.2.3 装备质量结构优化	204
7.3 分析装备结构的动态特性	205
7.3.1 动态系统和动态特性分析的内容	205
7.3.2 分析装备结构动态特性的系统动力学方法	206
7.3.3 描述装备优化系统的反馈结构	207
7.4 建立结构动态的动力学模型	211
7.4.1 确定水平变量和速率变量	211
7.4.2 确定系统构造	212
7.4.3 构造方程式	213
7.4.4 建立动力学仿真模型	216
7.5 进行仿真实验和政策分析	222
7.5.1 仿真实验	222
7.5.2 政策分析	224
7.6 装备结构优化动力学方法应用实例	225
7.6.1 系统各要素因果关系和反馈机制分析	225
7.6.2 建立模型	227
7.6.3 模型检验和政策分析	228
参考文献	229

第八章 规划评审分析	230
8.1 定义发展规划的投入与产出	232
8.1.1 对规划指标进行分类	232
8.1.2 定义投入产出指标时应注意的事项	233
8.2 构造评审的规划单元集	234
8.3 建立规划有效性分析模型	235
8.3.1 定义规划的有效性	235
8.3.2 建立基本的有效性分析模型	237
8.3.3 解算有效性分析模型	238
8.4 评价规划方案的有效性	242
8.4.1 将 DEA 模型与决策者的主观判断相结合	243
8.4.2 确定决策者的偏好区域	245
8.4.3 制定规划有效性评审的策略	246
8.4.4 扩展 DEA 基本模型的其它方法	249
8.5 优化规划的投入产出指标	250
8.5.1 寻求改善非有效规划单元的途径	250
8.5.2 确定受评规划单元与有效前沿面的差距	251
8.5.3 采用数学规划改善规划单元的有效性	253
参考文献	255
第九章 系统概念分析	256
9.1 分析系统的任务目标	256
9.1.1 系统任务目标的概念	256
9.1.2 确定任务目标的体系结构	260
9.1.3 综合系统的任务目标和要求	262
9.2 确定系统的任务剖面	263
9.2.1 分析作战使用任务	263
9.2.2 编制系统的任务概貌	264
9.2.3 确定任务剖面	265
9.3 描述系统的作战使用特征	273
9.3.1 作战使用特征的范畴	273
9.3.2 对系统形态特征的描述	273
9.3.3 对系统信息特征的描述	276
9.3.4 对系统功能特征的描述	277
9.4 建立系统的概念模型	281
9.4.1 关于系统的概念模型	281
9.4.2 建立概念模型	282
参考文献	288
第十章 系统功能分析	289
10.1 进行人一机系统间的功能分配	290

10.1.1 人—机系统间功能分配原则	290
10.1.2 型号系统的功能描述	291
10.2 分解型号系统的总体功能	296
10.3 分析各功能的相关性	298
10.3.1 功能流程框图分析法	298
10.3.2 N^2 图分析法	300
10.3.3 时间基线分析法	301
10.4 分配功能的技术要求	302
10.4.1 分配系统的可靠性要求	303
10.4.2 分配系统的维修性要求	306
10.4.3 分配各项后勤指标	308
10.4.4 经济指标的分摊	309
10.4.5 设计准则的确定	309
10.5 拟制功能分配文件	311
10.5.1 功能分配文件概述	311
10.5.2 制作技术要求分配单	312
参考文献	314
第十一章 系统结构分析	315
11.1 选择系统要素和确定要素间的关系	317
11.1.1 选择系统要素	317
11.1.2 分析系统要素间的关系特性	317
11.1.3 分析要素间的相互关系	318
11.2 建立结构模型	324
11.2.1 解释结构模型分析法	324
11.2.2 消三角形法	338
参考文献	342
第十二章 性能及指标分析	343
12.1 明确分析的要求和目标	344
12.2 分析确定影响系统性能的主要因素	345
12.3 分析系统的主要性能要求	346
12.3.1 装备作战使用性能的分类	347
12.3.2 装备主要通用性能	348
12.4 分析系统性能的相关性	350
12.4.1 系统性能属性	351
12.4.2 相关性分析主要解决的问题	353
12.4.3 性能相关性分析方法	353
12.5 提出备选指标体系方案	355
12.5.1 提出备选指标体系的基本思路	356
12.5.2 分析作战使用性能结构	356

第一章 装备论证方法论

做任何事情都应讲究方法,论证工作也是如此。面对某项具体的武器装备论证课题,如何明确需要论证的问题,如何针对问题提出解决的各种备选方案,进而根据论证项目的目的用一系列准则来评估这些方案等等,均需要采用一套科学的论证方法,才能获得令人满意的论证成果。在武器装备论证实践中,论证人员往往能够体会到要提出有关的论证任务并非难事,但如何完成所提出的论证任务、采用什么方法、通过什么途径来圆满地完成这些任务,却不是一件容易的事情。其实,这些均涉及到方法论(Methodology)的问题。可以说,在武器装备论证中寻求科学的方法论以及适用的论证方法,是武器装备论证中具有决定性意义的研究工作。因此,对于武器装备论证这一科学研究工作,为了保证其研究活动的科学性、论证成果的可靠性,以及论证人员的工作效率,应当根据装备论证工作的特点和论证研究的任务,在总结以往装备论证工作的经验及研究成果的基础上,探索与武器装备论证相关的方法论,并建立起科学的论证方法体系,以利于装备论证工作的继承和发展。

本章将主要论述科学的方法论在武器装备论证中的意义,系统思想在武器装备论证中的运用,系统方法论的体系结构,以及在武器装备论证中采用综合集成方法论的思路。

1.1 方法论在装备论证中的作用

1.1.1 论证、决策及方法论

论证是一项科学研究活动。

首先,它运用充分可靠的论据来阐述和证明论题的正确性与真实性,运用科学的方法,通过严密的逻辑推理,来阐明论题和论据之间的辩证关系,进而得出科学的结论和建议。换句话说,论证是运用科学的理论、方法和手段,对论证项目中所涉的对象系统进行一系列的分析与综合,并在提出多种可行的备选方案的基础上,进行优化,从而选出最满意的方案,为有关决策提供科学依据的过程^[1, 2]。因此,论证具有显著的过程性特征。武器装备论证的过程,是论证人员及有关武器装备的管理者和决策者们对武器装备有关论证问题的科学认识过程。在这一过程中,论证人员不可避免地要面对如下一系列的研究课题:如何根据认识论的基本原则,对现有的常用论证方法,如模拟、实验、类比、推理、判断方法,运筹分析、系统分析、预测分析、决策分析等方法在武器装备论证中的作用与应用问题,进行仔细的分析和总结,并加以改进和发展,使之成为更加适合于武器装备论证的一整套论证方法?如何在辩证唯物主义思想的指导下正确地运用这些方法,并克服论证人员在运用这些方法时的各种主观性和片面性以及经验主义和形式主义的毛病?如何在论证过程中使分析和综合的统一、抽象和具体的统一、演绎与归纳的统一、历史与逻辑的

统一这样一些论证中所应当运用的辩证方法,在装备论证的研究活动中进一步实用化?诸如此类的问题,都是当前武器装备论证人员所极为关心的基础问题。

其次,论证与决策活动有着非常密切的联系。在武器装备建设与发展过程中的大量实践均证明了武器装备论证工作是科学决策的基础。常言道:“凡事预则立,不预则废”,其中的“预”便是指在决策之前的一系列论证活动。一般而言,凡是基于充分、准确的论证所作出的决策,实施起来往往效果良好;否则,决策将是盲目的,并将导致在人、财、物等方面的巨大浪费。事实上,论证是“围绕方案进行思维”(Alternative-focused Thinking)的一系列研究活动^[3]。也就是说,论证活动自始至终是针对如何提出解决某一问题的方案或致力于某一行动的方案及其优化而展开的。论证作为一个过程,对各个备选方案实施后的正面、反面结果以及利弊得失等进行透彻的定性与定量相结合的分析,并在此基础上将生成的所有可行的备选方案提供给决策者(或决策集体),以供决策者决策。而决策(Decision Making)则是对一种策略的决定,是对某个(些)事物的决断,是作出决定的行为。作为一个过程,决策就是对未来的行为确定目标、方向,并选择一个能实现预期目标的最满意的可行方案^[4]。决策实质上是“围绕价值进行思维”(Value-focused Thinking)的一系列研究行为。即决策活动立足于决策者对于某项决策问题或事件的价值取向,如对武器装备发展目标的定位,决策准则的取舍,目标相对重要性的判断等,并在决策者的价值体系(Value System)及偏好域(Preference Regions)内对论证活动所提供的各个备选方案进行评价和排序^[5]。由此可知,论证是为了使决策付诸实施后能够达到既定目标所从事的一项必不可少的研究工作,其辅助决策的作用和意义非常显著。而且,随着现代社会在科学、军事、经济等领域的飞速发展,人们越来越认识到在作出重要的决策之前,进行充分的科学论证有着非常重要的意义。

此外,“论证”作为一种决策前的研究活动,具有鲜明的中国特色。这是因为我国历史上的政治家、战略家、决策者等均十分强调重大决策之前的“运筹帷幄”及“三思而后行”。可以说,“论证”在我国已经是一个广为人知的概念化的决策研究行为。比较而言,西方国家对“论证”这一研究行为的概念化似乎比较含糊。如,在英文辞典中,还没有一个十分恰当的英文单词能够准确地阐明中文的“论证”概念。对于“论证”,相应的英文动词往往表述为“Demonstrate”、“Argue”、“Prove”、“Reason”、“Expound”及“Proof”等。然而,“Demonstrate”有示范、证明的含义,“Argue”主要是指辩论、说服,“Prove”则是指查验、证实,“Reason”表示思考、推断,“Expound”指说明与解释,而“Proof”则表示检验、审查和校对。这些与“论证”相对应的英文解释均只能片面地表达中文所指的“论证”概念。这种一词对应多词的现象,似乎更能说明“论证”这一研究活动具有非常丰富的内涵。概略而言,“论证”是一种研究行为,是对某个论题的正反两方面的观点和结果,在深思熟虑、反复验证的基础上,加以推演、解释和说明。

根据上述对论证概念的辨析,可以将论证行为的特性概括为如下几点:

- a. 论证是围绕某个论题及其方案所进行的一系列研究;
- b. 论证是一项主要为决策服务的前期研究活动;
- c. 论证的任务是为有关判断与决策提供充分的科学依据;
- d. 论证的目的是为了保证决策的有效性和科学性(即决策的理性)。

科学家爱因斯坦(Albert Einstein)就尤其重视在科学研究中运用科学的方法。他用一

个简洁的数学表达式 $A = X + Y + Z$,道出了科学研究工作中研究人员所具备的毅力、方法和品质的重要性。其中, A 代表成功, X 表示艰苦的劳动, Y 则表示正确的方法,而 Z 则表示少说空话。可见,在各种科学研究中,光有艰辛的劳动和潜心研究的态度是不够的,还必须掌握正确的研究方法。武器装备论证中的研究工作也是如此。

随着高新技术在武器装备领域中的广泛应用,新的作战思想、新的武器装备概念、新的装备发展问题层出不穷,因而,武器装备论证工作及其任务也逐步被赋予新的内涵和特点,同时对如何开展装备论证项目,采用什么样的论证方法等均提出了更高的要求。这就是,从装备论证工作的全局出发,以进一步深化装备论证工作为目的,全面系统地研究论证方法,并针对所要解决的问题,建立相应的论证方法体系。这不仅对于提高武器装备的论证质量、论证水平和工作效率具有重要意义,而且对于丰富武器装备论证的科学研究方法体系和推动论证方法研究向深层次发展也具有重要作用。

归纳而言,研究武器装备论证的方法论,建立科学的论证方法体系具有如下的重要作用和意义:

第一、可以帮助装备论证人员自觉地掌握在装备论证中的正确思想方法和工作方法,尤其可以帮助论证人员养成用论证方法体系去寻求解决论证问题的思维习惯,灵活运用正确的论证方法。装备论证工作的实践已经表明,尽管好的论证方法未必肯定会使论证人员在某项论证课题中取得成功的论证结果,但是,毫无疑问,好的论证方法肯定比拙劣的方法更能促使论证人员取得满意的论证成果。尤其是在当今装备论证课题的对象系统越来越复杂、论证要求越来越高的情况下,运用科学的论证方法就显得更加重要了。

第二、可以帮助青年论证工作者加速成长,促使他们尽早地进入具体的装备论证工作中,及时地形成一支装备论证队伍的生力军。装备论证工作是一项对有关的领域论证经验与知识要求极高的研究活动,为此,装备论证人员应当具备一定的论证工作的阅历与经历。此外,由于装备论证在我国开展的时间相对较晚,目前尚处于初期的发展阶段,没有专门的教学课程来培养论证人员,以致不少年轻的装备论证人员在具体论证项目时,对于采用什么样的方法去解决什么样的论证问题而感到茫然。如果将装备论证人员长期积累下来的论证经验与当前各种有效的论证方法相结合,建立起一个科学、完善的论证方法体系,将会对年轻的论证人员给予方法论方面的指导,以利于提高他们的论证效率和质量。

第三、不仅可以指导论证人员如何运用自己的智慧,创造性地开展论证工作,还可以帮助论证人员去鉴别论证成果的正确与谬误。本书所提出的系统论证方法体系就是用来开发论证人员在论证中获得新的论证思维和概念的一种工具和手段。论证工作的实践经验表明,评价一项论证成果的优劣,往往不能只看它的论证结论,而更为重要的是要看它是通过什么样的论证方法和论证过程来获得的。

1.1.2 论证方法及其方法论的形成与发展

各种科学方法均是随着社会实践和科学研究的发展而产生和发展的。武器装备论证方法的形成和发展也是如此,同样经历了由初期的自然产生,到自觉的应用扩展,继而不断地向深层发展的三个阶段。可以说,武器装备论证方法的形成与发展,与运筹学、系统工程、系统分析、系统动力学等理论和方法的实践有着密不可分的关系^[6]。

对武器装备进行有意识、有目的的论证,大致起源于第二次世界大战时期。当时,英、美等盟国为了在军事上战胜以德国为首的法西斯集团,针对当时其武器装备在作战使用中存在的问题及不断提出的作战需求,相继成立了专门的研究机构,应用运筹学等现代系统科学的方法,广泛开展了以武器装备作战使用性能、装备系统研制方案优化等项内容为主的论证工作。

然而,在外军武器装备论证工作的初期阶段,所采用的论证方法主要还局限于被后来称为“运筹学”的方法。随着武器装备的类别逐渐增多,装备系统的规模日趋庞大,所采用的技术越来越复杂,以致对武器装备的论证工作提出了越来越高的要求。因此,外军在武器装备的论证中又先后采用或提出了许多关于武器装备发展规划、计划,武器装备系统开发、方案优化,装备采办等方面的论证方法。当前,外军武器装备论证方法已广泛地借鉴了在武器装备系统分析、效能费用评估、方案选优、规划制定、需求预测等方面的成功经验,并逐步地趋向成熟。

从武器装备论证方法论的角度来研究论证方法的发展,可以认为,论证方法走过了由高度分化解题处理简单系统,逐渐走向通过综合集成方法解决复杂大系统问题的发展过程。在 20 世纪 30 年代末至 40 年代初形成的运筹学(OR)方法,是从解决一些武器装备的合理应用的问题开始而形成的一套方法论^[6]。该方法论的核心是将问题规范化(简化)为数学模型,并寻求其最优解。到了 20 世纪 50 年代末至 60 年代初,由于一些大型导弹、通讯系统等的研制需求,先后形成了各种系统工程(SE)方法论。特别是霍尔(Hall)所提出的三维结构矩阵(逻辑维、时间维、知识维),利用逻辑维深化了运筹学的方法论。同时,霍尔用知识维强调了各种知识的运用。系统工程最有名的应用例子之一是阿波罗宇宙飞船的设计、研制和管理中大量地应用系统工程。

在与运筹学、系统工程方法论的形成大体相同的时期,由美国兰德(RAND)公司在 20 世纪 50 年代中提出了系统分析(SA)的方法论。从思路上看它与运筹学和系统工程的方法论中逻辑维大体相同,只是兰德公司在 50、60 年代的注意力不全在工程设计,而主要解决政府和国防部门所面临一些复杂的社会、政治和军事问题,如帮助美国军方提出规划计划预算系统(PPBS)。20 世纪 60 年代初,与上述运筹学、系统工程、系统分析的方法论有某种类同的是福雷斯特于 1961 年提出的系统动力学(SD)。系统动力学在建模时强调了系统中因果关系和控制反馈的概念,强调了在计算机上的仿真试验。所有这几个方法论在 60 年代和 70 年代都分别有了自己的发展、应用和推广。

然而,上述方法论在实际中的应用结果却并不令人十分欣慰。如,联邦政府各部门在推进 PPBS 计划的过程中就半途而废。可见,过分的定量化、过分的数学模型化难以解决一些社会、经济、军事等方面的实际问题。为此,美国哈佛大学等又重新强调增加人文科学方面定性理论的课程。设在奥地利卢森堡的国际应用系统分析所(IIASA)于 1984 还专门组织了一个名为“运筹学和系统分析过程的反思”的讨论会^[7]。与会者中有人认为之所以某些问题不能很好地解决,主要是分析应用的方法论不对,处理一些问题太“硬”,定性分析不够,把定性与定量分析分开了。

这里,应当特别提到的是英国的切克兰德(P. B. Checkland)的观点。切克兰德把运筹学、系统工程、系统分析和系统动力学所使用的方法论都叫做“硬系统方法论”(HSM),而他在 1981 年提出了一种所谓的“软系统方法论”(SSM),并认为用软系统方法论来解决

一些“结构不良问题”的效果往往要比硬方法论要好^[8]。还有其它一些与软系统方法论同类型的方法论,也相继出现在 70 年代至 80 年代。到 90 年代初,西方又提出了关键系统思考(CSH)和整体系统干预法(TSI),等等^[9]。同时,在东方也出现了两个重要的系统方法论,那就是我国钱学森教授等提出的用于解决开放的复杂巨系统的从定性到定量综合集成的方法论^[10],以及日本榎本义一教授等提出的“既软又硬”的 Shinayaka 系统方法论^[11]。

我国武器装备论证方法及方法论的演变可以大致分为传统论证和科学论证两个阶段。

60 年代由于发展导弹和原子弹的需要,我国也应用了类似于阿波罗登月计划的系统工程方法,而且成立了工程的组织管理部门——总体设计部。

70 年代,我国应用系统工程方法进行反坦克武器系统分析,以后,在国防发展战略研究、作战模拟、武器装备论证、兵力规划、后勤保障、国防工程论证等领域都广泛应用了系统工程方法。其中作战模拟应用最为广泛,规模和水平与国外不相上下。在建模方面,用蒙特卡罗方法建立随机模型,用蓝彻斯特方程建立确定性模型等取得了令人满意的成果。70 年代末,由于钱学森教授的倡导,军事系统工程在我国武器装备的研制中得到广泛应用和发展。至此,武器装备的科学论证才被普遍认识和强调。当时应用的方法论主要是运筹学、系统分析和作战模拟。炮兵运用系统分析方法研究反坦克武器系统发展问题,运用作战模拟方法评估武器效率和计算武器作战效能;装甲兵运用作战模拟方法分析坦克部(分)队的作战效能,运用费用效能综合分析方法进行武器系统方案选优;海军运用兵力规划方法对海军兵力的规模、质量和数量等进行优化,等等。

80 年代,为适应我国武器装备发展和建设的需要,各军兵种成立了各自的武器装备论证中心和论证所,负责各军兵种武器装备发展的论证研究,并在武器装备论证的方法研究方面取得了一定的成果。其中,指数法、费效综合分析法、对抗模拟方法和各种构模方法的研究与应用最为突出,且成果显著。80 年代中期,一种多准则决策分析方法——层次分析法(AHP)被介绍到我国,不久就在坦克车辆系统分析中首先得到应用。接着,“军用工程机械总体性能评价模型”采用 AHP 方法建模,较好地解决了军用工程机械总体效能定量评估问题。之后,这种方法以它简便实用,分析结果容易被决策者接受的特点,在武器装备论证领域得到迅速推广。在此期间,国内还出版了第一部武器装备论证参考资料——《炮兵武器装备论证参考》。随后,《装甲兵武器装备论证手册》和《步兵近战武器论证参考》也相继出版。

80 年代末期和 90 年代初期,随着系统动力学(SD)、人工智能(IA)、专家系统(ES)、管理信息系统(MIS)、决策支持系统(DSS)和系统仿真(SS)技术的发展及其在各种领域的广泛应用,武器装备论证也采用了这些方法论和技术手段。这不仅进一步提高了论证的水平和工作效率,同时也使武器装备论证系统方法的研究向更深的层次不断地开拓。在此期间,《军事运筹学》等学术专著的相继出版,各军兵种和国防工业部门一批优秀论证成果的推出,标志着国内武器装备论证方法的研究已经形成规模并得到迅速发展。

1.1.3 研究武器装备论证方法应注意的问题

从当前武器装备论证工作中应用论证方法的状况来看,还存在着许多不足之处。比如,论证机构由于受条件的限制,对外界的交流较为有限,所掌握的能够用于论证工作的方法还比较少,在方法的应用形式上较为单一,在方法的创新上相对落后。尤其是在武器

装备论证工作的方法论的研究方面,基本上是空白。为此,应当主要在下述三个方面着手论证方法的研究:

(1) 建立科学的论证方法体系

尽管当前在武器装备论证中已经应用了不少的方法,并取得了一定的论证成果,获得了一定的论证经验。然而,在对各种论证方法的应用条件、相互联系、具体的应用时机等方面尚需进一步开展研究。应当根据武器装备论证工作的特点及装备论证过程中各阶段分析内容的要求,将还处于离散状态的各种论证方法进行归类、整理,以形成装备论证方法的整体框架。这种将论证方法纳入特定的框架之内的具体形式,就是在本章将要着重论述的论证方法体系。

(2) 探讨装备论证的理论和方法

恩格斯指出:“一个民族想要站在科学的最高峰,就一刻也不能没有理论思维”。武器装备论证工作也是如此。如果没有一套关于武器装备论证的理论思想,很难说论证工作及其研究成果谈得上是科学的。然而,在以往的武器装备论证工作中,不少论证人员总是以经验为重,往往对论证所需要的理论与知识很少探究。致使许多人认为,武器装备论证工作主要靠的是经验判断,以及采用一些借来的方法就能完成。这种观点将妨碍论证方法和论证理论的深入研究。可以说,武器装备论证要想逐步成熟起来,并形成一个特有的专业及与该专业相应的学科,没有论证理论方面的研究是不可能实现的。此外,要想建立科学的论证方法体系,没有论证理论的指导同样是行不通的。

(3) 贯彻论证研究的哲学思想

科学的哲学是指导科研活动的最基本的行动与思维指南。武器装备论证工作同样离不开哲学的指导。在武器装备论证中,有许多论证问题是无法也是不可能由常规的分析方法获得结论的,如武器装备发展的需求分析、武器装备的发展方向、发展原则等较为“抽象”的论证问题,以及那些必须主要由人的主观判断才能确定的问题等,均需受益于哲学思想的指导和启发。所以,论证人员除了要研究新的论证方法外,更加应当在装备论证工作的实践中全面地学习、领会,自觉地运用科学的哲学思想和原理。这就要求论证人员不仅要了解和掌握有关唯物辩证法、认识论、矛盾论等对论证研究具有指导意义的哲学思想,还应当充分汲取历史上中外哲学大师的其它思想精髓。只有在哲学领域中博采众家之长,才能在论证研究中将科学的哲学思想运用自如。因此,研究科学的哲学思想在武器装备论证中的具体应用,更是装备论证工作及论证方法研究所应涉及的重要研究课题。

1.2 武器装备论证的系统思想

武器装备论证工作的实践经验表明,每一项武器装备论证课题研究的运作均是一项相应的武器装备论证系统工程。所谓武器装备论证系统工程亦可称装备论证系统工程,是武器装备系统工程的一项子工程。它通过一整套技术上和管理上的程序过程,达到明确系统使用需求,制定系统发展方案,以及确定系统发展要求的论证目的。其中,“过程”和“发展”这两个关键词是武器装备论证系统工程处理问题的关键所在。首先,武器装备论证是一个具有既定程序的工作过程,且该过程应当符合系统工程的要求。其次,武器装备论证的突出特点是面向武器装备的发展,是关于武器装备系统的发展论证。在武器装

备论证系统工程中,系统是对象,发展是目的,论证是手段,而系统工程则是科学的论证过程和途径。因此,系统思想以及由系统思想发展而来的一系列系统理论与方法是每一项武器装备论证工作的灵魂。此外,随着武器装备论证工作的进一步深化和拓展,武器装备论证课题所研究的对象系统往往属于开放的复杂大(巨)系统,对这类武器装备大(巨)系统的发展战略论证难度大、涉及面广、制约因素众多,不能以研究一般的论证课题的思路和方式来解决这类论证问题。通过总结近二十年来武器装备论证课题的研究经历及其经验教训,广大论证人员已经深刻地认识到了现代系统思想及其系统工程理论和方法在武器装备发展论证中的重要性。因此,强调和突出在武器装备发展论证中的系统思想(简称系统论证思想),对于武器装备论证课题的研究有重要的指导作用^[12]。

1.2.1 研究对象系统的策略

在武器装备论证中,要自觉地运用现代系统思想以及系统工程理论和方法去研究武器装备发展问题所涉及的各类系统及其问题。

(1) 准确界定对象系统

在武器装备发展论证中应当把论证研究的对象(即某一论证问题所涉及的武器装备)视作一个系统(在本书中被称为对象系统)。武器装备论证的实践表明,一旦将有关论证课题所涉及的武器装备作为系统对待,论证人员就能够通过一般系统的特性和结构特征来了解对象系统所具有的特性和状况。如,论证人员可以通过一般系统结构与功能之间的相互关系来分析具体武器装备系统的结构特性或功能特性。当论证问题所涉及的武器装备系统是一个客观存在的实体系统时(如对某类武器装备系统进行现状分析时),该武器装备系统的结构便决定着系统的功能,因此,论证人员便可以通过诊断武器装备系统结构的特点与合理化程度来了解该系统的功能状况。反之,当论证问题所涉及的武器装备系统是一个并不存在的虚拟系统时(如提出某一将要发展的新型装备的型号系统方案时),那么对该武器装备系统的功能要求便决定了系统的基本构成与结构,因此,论证人员便可以根据武器装备系统应具备的功能来确定该虚拟系统的结构形式。又如,论证人员可以根据一般系统的结构形式往往表现为层次性这一特征来树立武器装备系统结构的层次性观念。根据这种观念,大到军种、兵种、集团军武器装备体制系列,小到具体的装备型号系统,可以认为其结构形式主要表现为层次结构。一方面,可以将每一个具体武器装备系统作为一个层次结构来对待,以理解该系统的内部构成要素之间的相互关系;另一方面,又可以将每一个武器装备系统作为更大规模武器装备系统的某一层次上的一个要素来处理,以分析该武器装备系统作为一个子系统时在更大规模的系统之中所起的作用及其与其它子系统的相互联系、相互影响和相互制约。总之,将论证问题所涉及的武器装备作为一个系统来处理时,论证人员便可以通过对对象系统的结构、功能、性能等方面的认识,以及根据论证人员自身的论证水平和可资利用的信息资源,选择既可行又满意的方案或策略来调整武器装备系统的结构关系、功能要求、性能水平等,使对象系统处于良性运行状态。这样,便达到了武器装备发展论证的目的。

(2) 客观了解环境系统

要把与对象系统相关联的各种外部环境要素所构成的整体视作一个环境系统。由于武器装备发展论证中所研究的对象系统(武器装备系统)都是开放的,并且与其它类型的