



国防科技图书出版基金



装备技术体系设计 理论与方法

D
esign Theory and Methods on
Armament Technology System of Systems

沈雪石 吴集 安波 邓启文 等编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

014060320

TJ02
10



国防科技图书出版基金

装备技术体系设计 理论与方法

Design Theory and Methods on
Armament Technology System of Systems

沈雪石 吴 集 安 波 邓启文 编著
郭继周 王志勇 石东海 刘长利



国防工业出版社



北航

C1747473

TJ02

10

014000350

图书在版编目(CIP)数据

装备技术体系设计理论与方法/沈雪石等编著. —北京:
国防工业出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-118-09511-1

I. ①装... II. ①沈... III. ①武器装备-技术体
系-系统设计 IV. ①TJ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 147095 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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 13 字数 242 千字

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 59.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

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。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,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,原国防科工委于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. 在国防科学技术领域中,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,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备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,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,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,由总装备部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,原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和武器装备建设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

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 潘银喜

副主任委员 吴有生 傅兴男 杨崇新

秘书长 杨崇新

副秘书长 邢海鹰 谢晓阳

委 员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书

(按姓氏笔画排序) 甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利

刘泽金 孙秀冬 芮筱亭 李言荣

李德仁 李德毅 杨 伟 肖志力

吴宏鑫 张文栋 张信威 陆 军

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起

郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南

傅惠民 魏炳波

前 言

随着以信息技术为核心的军事高新技术在军事领域的广泛应用,武器装备不断向一体化、体系化方向发展,导致战场对抗已不再是单一功能的进攻性武器装备与防御性武器装备之间的简单对抗,体系对抗已成为当代信息化战争战场对抗的基本特征。因此,深刻认识军事高新技术快速发展引发武器装备体系变化的规律和特点,认真分析支撑我军武器装备发展建设的装备技术体系,科学构建支撑我军武器装备发展建设的应用基础研究、应用研究和先期技术开发的装备技术体系,系统研究装备技术体系设计理论和方法,是我军加强装备体系建设和发展的重中之重。

著名科学家钱学森曾经指出,现代科学与技术呈现出相互依赖、相互促进的发展趋势,研究和总结其运动变化的规律,应当把科学技术作为一个整体系统来研究。装备技术体系是现代科学技术体系的重要组成部分,是武器装备发展的重要基础。必须以钱学森的系统科学思想为指导,对武器装备技术体系进行设计、优化、分析、评估以及预测等方面的研究,科学规划未来我军装备技术发展方向,优化技术体系结构设置,确保我军武器装备建设可持续发展。

本专著立足于武器装备技术体系设计理论和方法,针对我军装备技术体系设计与运用的实际,从装备技术体系设计的基本概念出发,力求对装备技术体系结构、结构设计、装备技术体系设计方法、装备技术体系分析与评估、装备技术预见理论和方法等基本问题进行全面、系统的探讨和论述,力求在方法论上结合目前该领域国内外最新的研究成果,为我军装备技术体系设计提供必要的理论和方法。

本专著共分9章。其中,第1章绪论是导入部分,主要论述装备技术体系设计在武器装备建设过程中的意义和作用,国内外在这方面进行的相关研究;第2章是基础部分,主要论述装备技术体系的基本概念、理论基础和研究方法等问题;第3章和第4章是装备技术体系结构设计部分,主要论述基本概念、装备技术体系结构、装备技术体系结构要素等基本问题,以及体系结构设计方法和装备技术体系结构构建等问题;第5章和第6章是装备技术体系设计部分,主要论述需求分析、设计调研、技术结构等设计基础问题,以及探讨设计要素、设计步骤等体系设计方法问题;第7章是装备技术体系评估与优化部分,主要讨论装备技术体系评估的方法、指标、步骤和优化问题;第8章是装备技术预见理论和方法,主要论述基本概念、技术预见总体框架、技术预见关键技术等问题;第9章是应用示例部分,主要结

合实例,讨论所给的理论和方法的应用问题。

本书是集体劳动的成果,凝结了国防科技大学科研部国防科技与武器装备发展战略研究中心两年多的研究成果,全书由沈雪石、吴集负责统稿和编辑,总装备部武器装备论证中心游光荣、安波对本书的撰写给予了悉心指导。第1章由沈雪石撰写,第2章由安波撰写,第3章由郭继周撰写,第4章由郭继周、王志勇撰写,第5章由吴集撰写,第6章由吴集、石东海撰写,第7章由邓启文撰写,第8章由邓启文、刘长利撰写,第9章由刘长利、刘书雷、赵海洋撰写,国防科技大学信息系统与管理学院相关专家为专著的完成提供了无私的帮助。

由于对装备技术体系设计理论和方法问题的研究刚刚开始,本专著不可避免地存在着一些问题和不足,这既有该书涉及领域较为前沿,加上作者视角和能力的原因,也有研究深度不够的原因。我们将继续对装备技术体系设计理论和方法加以研究,不断加强相关理论、方法和技术的学习,从理论与实践的结合上不断创新我军装备技术体系设计理论。

作 者
2014年1月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 国外研究现状	2
1.2.1 装备技术体系理论研究	2
1.2.2 装备技术体系分析与评估研究	7
1.2.3 装备技术发展预测研究	10
1.2.4 装备技术体系设计研究	12
1.3 国内研究现状	13
1.3.1 装备技术体系理论研究	13
1.3.2 装备技术体系分析与评估研究	14
1.3.3 装备技术发展预测分析研究	15
1.3.4 装备技术体系设计研究	17
1.4 章节安排	18
1.4.1 目标	18
1.4.2 本书的逻辑架构	19
1.4.3 本书的主要内容	19
第2章 装备技术体系基本概念与特点	21
2.1 基本概念	21
2.1.1 相关术语	21
2.1.2 科学技术体系	26
2.1.3 国防科学技术体系	27
2.1.4 装备技术体系	28
2.2 装备技术体系的特点	29
2.3 理论基础和研究方法	30
2.3.1 理论基础	30
2.3.2 研究方法	32
2.4 本书的创新点	32
2.4.1 装备技术体系结构设计框架	32

2.4.2	装备技术体系设计理论与技术	33
2.4.3	装备技术体系优化和评价模型	33
2.4.4	基于知识计量的技术预见模型	33
第3章	装备技术体系结构与构建要素	34
3.1	装备技术体系结构概述	34
3.1.1	基本概念	34
3.1.2	国内外研究现状	38
3.2	装备技术体系结构	40
3.2.1	结构分类原则	40
3.2.2	结构形式	43
3.2.3	结构模型	45
3.3	装备技术体系构建要素	48
3.3.1	装备技术体系的结构特征	48
3.3.2	装备技术体系与装备体系的辩证关系	49
3.3.3	装备体系构建要素	50
3.3.4	装备技术体系构建要素	52
3.3.5	装备技术体系数据要素	55
3.3.6	各种要素之间的关系	56
第4章	装备技术体系结构视图	57
4.1	装备技术体系结构视图设计概述	57
4.1.1	基本概念	57
4.1.2	技术体系结构视图设计目标	58
4.1.3	技术体系结构设计原则	58
4.2	装备技术体系结构设计视图产品	59
4.2.1	技术标准体系(TV-1)	60
4.2.2	技术标准预测描述(TV-2)	60
4.2.3	技术层次关系描述(TV-3)	61
4.2.4	技术映射关系描述(TV-4)	63
4.2.5	技术对能力支撑描述(TV-5)	63
4.2.6	装备到技术映射描述(TV-6)	64
4.2.7	技术体系与项目体系关联描述(TV-7)	64
第5章	装备技术体系设计基础	66
5.1	装备技术体系设计概述	66

5.1.1	设计目标	66
5.1.2	设计内容	67
5.1.3	设计原则	68
5.2	设计需求分析	72
5.2.1	需求获取	72
5.2.2	需求分解	74
5.2.3	需求融合	75
5.3	设计约束分析	75
5.3.1	装备发展分析	76
5.3.2	科技发展分析	76
5.4	构建要素设计	76
5.4.1	设计要素构成	76
5.4.2	要素信息采集	78
第6章	装备技术体系设计方法	82
6.1	体系设计方法概述	82
6.1.1	体系设计方法维度	82
6.1.2	体系设计相关技术	82
6.2	体系结构设计	85
6.2.1	设计方法	85
6.2.2	结构要素	88
6.2.3	设计步骤	89
6.3	体系组成设计	90
6.3.1	设计方法	90
6.3.2	组成要素	93
6.3.3	设计步骤	94
6.4	人机综合设计方法	97
6.4.1	计算机辅助分析	97
6.4.2	专家提炼与综合	97
第7章	装备技术体系评估优化	100
7.1	评估方法	100
7.1.1	主要技术体系评估方法	100
7.1.2	基于专家调查的装备技术体系评估	101
7.2	评估指标	102
7.2.1	评估指标设计原则	102

7.2.2	评估指标体系形式	103
7.2.3	评估指标体系	103
7.3	评估步骤	105
第8章	装备技术预见理论和方法	107
8.1	技术预见概述	107
8.1.1	技术预见定义	107
8.1.2	技术预见的目标和功能	108
8.1.3	技术预见的构成要素	109
8.1.4	技术预见的基本原则	110
8.1.5	主要技术预见方法	111
8.2	国内外技术预见应用概况	114
8.2.1	日本技术预见	114
8.2.2	美国技术预见	115
8.2.3	德国技术预见	115
8.2.4	英国技术预见	116
8.2.5	我国技术预见应用概况	116
8.3	装备技术综合集成技术预见的总体框架	119
8.3.1	综合集成技术预见的总体思路	119
8.3.2	综合集成技术预见的组织结构	119
8.3.3	综合集成装备技术预见的基本流程	122
8.4	装备技术综合集成技术预见的关键技术	125
8.4.1	领域和技术清单确定方法	125
8.4.2	技术调查指标体系设计与调查问卷设计方法	128
8.4.3	技术调查专家选择方法	134
8.4.4	技术调查数据处理方法	138
8.4.5	基于知识计量的前沿技术预见方法	145
第9章	装备技术体系设计示例	148
9.1	无人机装备技术体系实例	148
9.1.1	无人机装备概述	148
9.1.2	技术结构分解	151
9.1.3	技术预见选择	154
9.1.4	体系产品生成	157
9.2	巡航导弹装备技术体系实例	160
9.2.1	巡航导弹装备概述	160

9.2.2	技术结构分解	163
9.2.3	技术预见选择	165
9.2.4	体系产品生成	168
9.3	侦察探测卫星技术体系实例	172
9.3.1	侦察探测卫星概述	172
9.3.2	技术结构分解	174
9.3.3	技术预见选择	175
9.3.4	体系产品生成	180
附表		185
参考文献		187
后记		189
内容简介		190

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Foreword	1
1.2 The status quo of foreign research	2
1.2.1 Theory researches on armament technology system of systems	2
1.2.2 Analysis and assessment researches on armament technology system of systems	7
1.2.3 Forecast researches on the development of armament technologies ...	10
1.2.4 System of systems design researches on armament technologies	12
1.3 The status quo of domestic research	13
1.3.1 Theory researches on armament technology system of systems	13
1.3.2 Analysis and assessment researches on armament technology system of systems	14
1.3.3 Forecast researches on the development of armament technologies ...	15
1.3.4 System of systems design researches on armament technologies	17
1.4 The arrangement of contents	18
1.4.1 Objectives	18
1.4.2 Logic framework	19
1.4.3 Main contents	19
Chapter 2 Basic concepts and characteristics of armament technology system of systems	21
2.1 Basic concepts	21
2.1.1 Relative terms	21
2.1.2 Science and technology system of systems	26
2.1.3 National defense science and technology system of systems	27
2.1.4 Armament technology system of systems	28
2.2 Characteristics of armament technology system of systems	29
2.3 Theory foundation and research methods	30
2.3.1 Theory foundation	30

2.3.2	Research methods	32
2.4	Innovative points in this book	32
2.4.1	Theoretic framework for structure design of armament technology system of systems	32
2.4.2	Design theory and technology for armament technology system of systems	33
2.4.3	Optimum and assessment models for armament technology system of systems	33
2.4.4	Based knowledge measurement models for technology forecast	33
Chapter 3 Framework and construction elements of armament technology system of systems		34
3.1	Armament technology architecture introduction	34
3.1.1	Basic conceptions	34
3.1.2	Research status	38
3.2	Armament technology architecture	40
3.2.1	The principles of structure classification	40
3.2.2	Structure form	43
3.2.3	Structure model	45
3.3	Construction elements of armament technology system of systems	48
3.3.1	The structural characteristics of armament technology system of systems	48
3.3.2	The dialectical relationship between armament technology system of systems and armament system of systems	49
3.3.3	Construction elements of armament system of systems	50
3.3.4	Construction elements of armament technology system of systems ...	52
3.3.5	Data elements of armament technology system of systems	55
3.3.6	The relationship among various elements	56
Chapter 4 Architecture viewpoints of armament technology system		57
4.1	Armament technology architecture viewpoints design introduction	57
4.1.1	Basic concepts	57
4.1.2	Design object of armament technology architecture viewpoints	58
4.1.3	Design principles of armament technology architecture	58
4.2	Viewpoint products of armament technology architecture Design	59
4.2.1	Technical standards system of systems (TV - 1)	60
4.2.2	Technical standards forecast description (TV - 2)	60

4.2.3	Technology hierarchy description (TV - 3)	61
4.2.4	Technology mapping relation description (TV - 4)	63
4.2.5	Supporting description of technology to capability (TV - 5)	63
4.2.6	Mapping description of armament to technology (TV - 6)	64
4.2.7	Correlative description of technology system of systems and project system of systems (TV - 7)	64

Chapter 5 Fundamentals of armament technology System of Systems

Design	66
5.1 Armament technology system of systems design introduction	66
5.1.1 Design objectives	66
5.1.2 Design content	67
5.1.3 Design principles	68
5.2 Analysis of design requirement	72
5.2.1 Requirement investigation	72
5.2.2 Requirement decomposition	74
5.2.3 Requirement fusion	75
5.3 Analysis of design constraint	75
5.3.1 Analysis of armament development	76
5.3.2 Analysis of science and technology development	76
5.4 Analysis of design elements	76
5.4.1 Spectrum of design elements	76
5.4.2 Collection of design elements	78

Chapter 6 Design methods of armament technology System of Systems 82

6.1 Armament technology System of Systems design methods introduction	82
6.1.1 Dimensions of Armament technology system of systems design methods	82
6.1.2 Related Technologies of Armament technology system of systems design	82
6.2 Architecture design of armament technology system of systems	85
6.2.1 Architecture design methods	85
6.2.2 Architecture design elements	88
6.2.3 Architecture design steps	89
6.3 Composition design of armament technology system of systems	90
6.3.1 Composition design methods	90

6.3.2	Composition design elements	93
6.3.3	Composition design steps	94
6.4	Human – computer integrated design method	97
6.4.1	Computer – aid analysis	97
6.4.2	Specialist refining and integration	97

Chapter 7 Assessment and optimization of armament technology system of

	systems	100
7.1	Assessment method	100
7.1.1	The main assessment method of technology system	100
7.1.2	Assessment of armament technology system of systems based expert survey	101
7.2	Assessment index	102
7.2.1	Principles of Assessment index design	102
7.2.2	Format of assessment index system	103
7.2.3	Assessment index system	103
7.3	Assessment process	105

Chapter 8 Theory and method of armament technology forecast

8.1	Technology forecast introduction	107
8.1.1	Definition of technology forecast	107
8.1.2	Target and function of technology forecast	108
8.1.3	Factor of technology forecast	109
8.1.4	Principia of technology forecast	110
8.1.5	Main method of technology forecast	111
8.2	Technology forecast application survey	114
8.2.1	The Japanese technology forecast	114
8.2.2	The American technology forecast	115
8.2.3	The German technology forecast	115
8.2.4	The British technology forecast	116
8.2.5	The Chinese technology forecast	116
8.3	Whole frame of armament technology integrated technology forecast	119
8.3.1	The thought of integrated technology forecast	119
8.3.2	Frame of integrated technology forecast	119
8.3.3	Basic process of integrated technology forecast	122
8.4	Key technology of armament technology integrated technology	

forecast	125
8.4.1 Select method of areas and technology list	125
8.4.2 Method of technology survey index design and questionnaire design	128
8.4.3 Method of technology survey expert selecting	134
8.4.4 Method of technology survey data processing	138
8.4.5 Cutting – edge technology forecast Method based knowledge measurement	145
Chapter 9 Design case of armament technology system of systems	148
9.1 Design case of AUV technology system of systems	148
9.1.1 AUV introduction	148
9.1.2 Technological breakdown structure	151
9.1.3 Technology forecast and selection	154
9.1.4 Product generation of technology system of systems	157
9.2 Design case of cruiser missile technology system of systems	160
9.2.1 Cruiser missile introduction	160
9.2.2 Technological breakdown structure	163
9.2.3 Technology forecast and selection	165
9.2.4 Product generation of technology system of systems	168
9.3 Design case of Reconnaissance satellite	172
9.3.1 Reconnaissance satellite introduction	172
9.3.2 Technological breakdown structure	174
9.3.3 Technology forecast and selection	175
9.3.4 Product generation of technology system of systems	180
Appendix Tables	185
References	187
Postscript	189
Blurb	190