



国防科技图书出版基金

GUOFANG GUANJIAN JISHU XUANZE JIBEN
LILUN YU YINGYONG FANGFA

Research on Basic Theory and Application
Method of Defense Critical
Technology Selection

国防关键技术选择 基本理论与应用方法

石东海 刘书雷 安波 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press



国防科技图书出版基金

国防关键技术选择基本 理论与应用方法

Research on Basic Theory and Application Method
of Defense Critical Technology Selection

石东海 刘书雷 安 波 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

国防关键技术选择基本理论与应用方法/石东海,刘书雷,
安波著. —北京:国防工业出版社,2016.3

ISBN 978-7-118-10484-4

I. ①国... II. ①石... ②刘... ③安... III. ①国防
科学技术—研究 IV. ①E9

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第029337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 16 字数 258 千字

2016年3月第1版第1次印刷 印数 1—2000册 定价 86.00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

国防关键技术对提高武器装备性能水平具有决定作用,对形成新的军事技术能力具有引领作用,对提升国防科技乃至整个国家科技水平具有带动作用。20 世纪 80 年代初,世界范围高新技术迅猛发展,主要军事大国在制定面向 21 世纪的武器装备发展战略和规划计划中,都把发展高新技术作为增强综合国力和国防实力的重要措施,将焦点集中在国防关键技术领域。为从技术层面梳理我国国防科技发展和武器装备建设需要重点突破的关键技术,找准制约武器装备发展的“瓶颈”技术,以便集中力量开展技术攻关,力争在一些关键领域实现重大突破,依据“突破关键、带动全面”原则,选择确定国防关键技术成为我国制定国防科技发展规划计划、促进资源优化配置的一个重要环节和抓手。

国防关键技术选择评价理论、方法及实践不仅是一个值得深入研究的理论问题,更是一个具有明确需求背景的实践问题。提高基于信息系统的装备体系作战能力,如何从技术层面集中体现对重点武器装备研发的关键支撑能力,这在很大程度上取决于关键技术的选择确定;以信息技术为核心的高新技术在大大提升武器装备性能水平的同时,也使装备技术领域涉及范围变得越来越广泛、传统技术领域之间的界限不断被打破、交叉学科和前沿技术大量涌现,国防关键技术选择的不确定性因素增多;未来武器装备性能先进、系统复杂、技术跨度大,影响因素复杂,特别是在国防科研管理、资源分配、技术引进等方面,如何规避技术风险、明确攻关重点,过去的单纯依靠专家经验判断的方法已明显不能满足当前发展需要等。这些都需要在回顾总结多年实践经验的基础上,从理论方法层面系统分析国防关键技术选择评价问题。

本书的特色在于重点突出理论方法与实践工作的紧密结合,既注重对理论方法的系统分析,也注重理论方法的实际应用。在编写过程中,本书吸收了作者最近 10 年的研究成果和实践经验,广泛收集分析了国内外相关领域的文献资料,尤其是国内同行的研究,力求能反映国防关键技术选择评价理论方法的最新研究成果。所引用资料和文献在书后的参考文献内列出,但由于参考的资料和文献较多,可能会有部分文献未被列入,在此一并表示感谢。另外,由于各种原因,在公开的文献中有关内容较少,从而给撰写本书带来诸多困难。但是,现本书的内容已经最大可能地为相关科研与教学人员提供了较为系统的理论方法和

研究信息,为国防科技发展及其规划计划论证研究提供了一些参考。

全书共分9章。第1章主要介绍了国防关键技术选择的基本概念、地位作用、主要特征和历史演变过程,使读者能够对国防关键技术选择有个整体的认识。第2章系统介绍了世界主要发达国家和我国在关键技术选择方法研究和应用方面的整体情况,内容翔实丰富,具有重要的参考价值。第3章首次提出了国防关键技术选择评价研究的总体思路和框架,并详细介绍了选择评价的目标、基本原则、基本准则等方面的理论问题,这也是作者多年来在该领域基础理论问题研究成果的系统阐述。第4章系统介绍了在该领域的方法体系研究成果,主要包括选择评价方法体系框架、选择对象确定、技术调查和遴选,以及评议专家的选择等方法。第5章主要介绍如何按照软件工程思想,将上述研究成果固化为一个具有实操性的软件工具。第6章主要从优化国防关键技术选择程序、提高论证质量出发,将上述方法固化为实际应用中具有可操作性的流程,主要包括工作部署、技术准备、技术调查、技术选择和报告编制等阶段的实施程序,指导相关论证工作。第7章以上述方法体系为依托,同时借鉴国内外技术预测和关键技术选择经验,以先进材料与先进制造技术领域为研究对象,结合该技术领域“十三五”国防关键技术实际论证选择过程,开展了典型案例分析。第8章以航空复合材料、钛合金、高温合金三个航空材料技术领域为例,筛选形成应掌握自主知识产权的国防关键技术体系。第9章对全书研究成果进行了系统的总结,同时提出了加强国防关键技术研究的对策建议,以及未来可进一步深化研究的主要方向。

本书由石东海博士、刘书雷博士、安波博士主持编撰,赵海洋、刘武、刘延利、邓泳、王健、党晓玲、陈颖超、宋春江等同志具体参与了相关章节的研究和撰写;黄建新、荆涛等国内该领域知名专家参加了本书稿的审阅工作,提出了许多非常宝贵的意见和修改建议,因而本书是本领域同行集体智慧和辛勤工作的结晶。在本书撰写过程中,国防科技大学科研部各级领导给予了大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

限于作者水平,书中不妥与疏漏之处在所难免,希望读者不吝指正。

作者
2016年1月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 基本概念和内涵	2
1.1.1 技术	2
1.1.2 关键技术	4
1.1.3 国防科学技术	6
1.1.4 国防关键技术	12
1.1.5 国防关键技术选择	16
1.2 国防关键技术的地位作用	17
1.3 国防关键技术的主要特征	20
1.4 国防关键技术选择的历史演变	21
1.4.1 冷兵器时代的被动选择方式	21
1.4.2 热兵器时代的主动选择方式	22
1.4.3 核武器时代的国家选择方式	23
1.4.4 信息时代的综合智能选择方式	24
第 2 章 关键技术选择的研究现状分析和启示	26
2.1 世界主要发达国家的研究现状	26
2.1.1 美国	27
2.1.2 日本	37
2.1.3 英国	41
2.1.4 韩国	44
2.1.5 各国的主要做法与经验	48
2.2 国内研究现状和主要差距	51
2.2.1 科技部《国家技术路线图》研究	51
2.2.2 中国科学院《中国未来 20 年技术预见》研究	53
2.2.3 科技部《中国农业技术预测关键技术选择》研究	54
2.2.4 我国的国防关键技术研究	57
2.3 加强国防关键技术选择的战略意义	61

第3章 国防关键技术选择的基本理论	65
3.1 总体研究思路和框架	66
3.1.1 基本理论	66
3.1.2 方法体系	67
3.1.3 实施程序	68
3.1.4 应用验证	70
3.2 国防关键技术选择的基本模式	71
3.2.1 技术选择的发展模式	71
3.2.2 技术选择的决策模式	72
3.2.3 技术选择的价值模式	74
3.3 国防关键技术选择的影响因素	74
3.3.1 政治因素	75
3.3.2 军事因素	75
3.3.3 经济因素	76
3.3.4 科技因素	76
3.4 国防关键技术选择能力要素及结构特征分析	77
3.5 国防关键技术选择的目标设定	78
3.5.1 影响目标设定的因素	78
3.5.2 目标体系的构建	78
3.6 国防关键技术选择的基本原则	80
3.7 国防关键技术选择评价的基本方法	82
3.7.1 德尔菲法	83
3.7.2 层次分析法	87
3.7.3 情景分析法	92
3.7.4 趋势外推法	93
3.7.5 头脑风暴法	95
3.7.6 技术路线图法	97
3.7.7 文献计量法	98
3.7.8 国内外关键技术选择方法研究的主要特点和差距	99
3.8 国防关键技术选择准则	101
3.8.1 建立准则的要求	102
3.8.2 温伯格科学选择准则	103
3.8.3 国防关键技术选择准则的确定	105
3.9 国防关键技术选择评价体系框架	106

3.10	国防关键技术选择的组织程序	109
第4章	国防关键技术选择的基本方法	110
4.1	国防关键技术选择评价的基本思路	110
4.2	国防关键技术选择过程中的专家选择	113
4.2.1	评议专家的参与环节和主要作用	113
4.2.2	评议专家的来源与选择方法	115
4.2.3	评议专家选择原则	117
4.2.4	评议专家的指标体系	118
4.2.5	评议专家的选择方法	119
4.3	国防关键技术领域及备选国防关键技术清单的确定	121
4.3.1	技术调查中技术分类特点	122
4.3.2	备选国防关键技术清单层次的设置	124
4.3.3	国防关键技术领域的设置	125
4.3.4	备选关键技术清单的确定	125
4.4	国防关键技术调查方法	130
4.4.1	国防关键技术调查基本思路	131
4.4.2	国防关键技术调查指标体系设计	134
4.4.3	国防关键技术调查问卷设计与实现	147
4.5	调查数据定量化综合处理方法	153
4.5.1	专家人数加权处理	154
4.5.2	最大值法	156
4.5.3	单因素指数法	157
4.5.4	多因素指数法	159
4.5.5	国防关键技术德尔菲调查中相关影响因素的修正 与思考	162
4.6	国防关键技术选择模型及方法	163
4.6.1	基本思路	163
4.6.2	国防关键技术选择评价准则的确定	165
4.6.3	基于多准则排序和专家综合分析的国防关键技术 选择模型	168
4.6.4	基于准则约减和专家论证会的国防关键技术选择模型	170
4.6.5	基于多准则综合加权的国防关键技术选择模型	173
第5章	国防关键技术选择的支撑工具设计	176
5.1	设计需求	176

5.2	系统总体设计	178
5.2.1	总体方案框图	178
5.2.2	逻辑结构图	179
5.2.3	物理结构图	179
5.3	应用系统设计	182
5.3.1	关键技术选择评价任务管理	183
5.3.2	关键技术调查管理	186
5.3.3	系统资源管理	188
5.3.4	基础模型管理	190
5.4	数据库设计	192
第6章	国防关键技术选择的应用流程	194
6.1	国防关键技术选择的基本流程	194
6.2	国防关键技术选择的组织机构	194
6.3	国防关键技术选择的工作程序	196
6.4	“准备阶段”的实施程序	199
6.5	“确定备选清单阶段”的实施程序	200
6.6	“技术调查阶段”的实施程序	200
6.7	“技术选择阶段”的实施程序	201
6.8	“国防关键技术报告编制阶段”的实施程序	201
第7章	国防关键技术选择案例分析	203
7.1	案例概述	203
7.2	关键技术选择总体思路	203
7.2.1	指导思想	203
7.2.2	关键技术选择原则	204
7.2.3	组织方式	204
7.3	实施过程	205
7.3.1	任务部署阶段	205
7.3.2	确定备选清单阶段	207
7.3.3	技术调查阶段	207
7.3.4	技术选择阶段	209
7.3.5	综合论证阶段	211
第8章	应掌握自主知识产权的国防关键技术选择理论与实践	212
8.1	应掌握自主知识产权的国防关键技术概念与内涵	212
8.1.1	自主知识产权	212

8.1.2	应掌握自主知识产权的国防关键技术	212
8.1.3	应掌握自主知识产权的国防关键技术指南	213
8.2	国内外关于国防关键技术知识产权研究情况	213
8.2.1	美国的关键技术管控	213
8.2.2	我国的关键技术管控与研究	214
8.3	应掌握自主知识产权的国防关键技术选择评估的指标体系	215
8.3.1	指标体系框架	215
8.3.2	指标体系优化	219
8.4	应掌握自主知识产权的国防关键技术指南编制	219
8.4.1	指导思想	219
8.4.2	关键技术体系结构	220
8.4.3	指南内容要求	222
8.4.4	指南编制组织管理	222
8.5	部分航空材料应掌握自主知识产权的国防关键技术	224
8.5.1	先进树脂基复合材料	224
8.5.2	先进钛合金材料	226
8.5.3	先进高温合金材料	227
第9章	新时期加强国防关键技术选择的对策研究	230
参考文献		232

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Basic concepts and connotation	2
1.1.1 Technology	2
1.1.2 Critical technology	4
1.1.3 Defense science and technology	6
1.1.4 Defense critical technology	12
1.1.5 Defense critical technology selection	16
1.2 Status function of the defense critical technology selection	17
1.3 Main features of the defense critical technology selection	20
1.4 Historical of the defense critical technology selection	21
1.4.1 Passive selection in the era of cold weapon	21
1.4.2 Active selection in the era of thermal weapon	22
1.4.3 National selection of nuclear weapon time	23
1.4.4 Intelligent selection of information age	24
 Chapter 2 Research Status and Enlightenment of the Critical Technology Selection	 26
2.1 Research status in the world major countries	26
2.1.1 America	27
2.1.2 Japan	37
2.1.3 English	41
2.1.4 South Korea	44
2.1.5 Major practice and experience in countries	48
2.2 Domestic research status and major gaps	51
2.2.1 Department of science and technology national technical route chart	51
2.2.2 Chinese academy of science technology foresight of future 20 years in China	53
2.2.3 Department of science and technology agricultural critical	

technology selection	54
2.2.4 Research on the defense critical technology selection in China	57
2.3 Strategic significance of strengthening the defense critical technology selection	61

Chapter 3 Fundamental Research on Defense Critical Technology

Selection	65
3.1 overall ideas and framework	66
3.1.1 basic principle	66
3.1.2 Method system	67
3.1.3 Implement program	68
3.1.4 Application verification	70
3.2 Basic mode of the defense critical technology selection	71
3.2.1 Development mode of technology selection	71
3.2.2 Decision mode of technology selection	72
3.2.3 Value mode of technology selection	74
3.3 Influence factors of the defense critical technology selection	74
3.3.1 Political factor	75
3.3.2 Military factor	75
3.3.3 Economic factor	76
3.3.4 Science and technology factor	76
3.4 Ability elements and structure feature analysis of the defense critical technology selection	77
3.5 Target setting of the defense critical technology selection	78
3.5.1 Influence factors of Target setting	78
3.5.2 Construction of target system	78
3.6 Basic Principle of the defense critical technology selection	80
3.7 Basic method of the defense critical technology selection	82
3.7.1 Delphi method	83
3.7.2 Analytic hierarchy process	87
3.7.3 Scenario analysis method	92
3.7.4 Trend Extrapolation method	93
3.7.5 Brainstorming method	95
3.7.6 Technology roadmap method	97

3.7.7	Literature measurement method	98
3.7.8	Main feature and gaps of the research on the critical technology selection of domestic and foreign countries	99
3.8	Criterion of the defense critical technology selection	101
3.8.1	Requirements for establishing criterion	102
3.8.2	Weinberg scientific selection criterion	103
3.8.3	Establishing criterion of the defense critical technology selection	105
3.9	System frame of the defense critical technology selection	106
3.10	Organization procedure of the defense critical technology selection	109

Chapter 4 Basic Methods of the Defense Critical Technology

	Selection	110
4.1	Basic ideas of the defense critical technology selection	110
4.2	Expert choice of the defense critical technology selection	113
4.2.1	Participation and main functions of the consultation expert	113
4.2.2	Sources and selection method of the consultation expert	115
4.2.3	Selection principle of the consultation expert	117
4.2.4	Index system of the consultation expert	118
4.2.5	Selection method of the consultation expert	119
4.3	Research on Candidate List of the Defence Critical Technologies	121
4.3.1	Technology classification of technical survey	122
4.3.2	Optional defense critical technology list level setting	124
4.3.3	Optional defense critical technology field setting	125
4.3.4	Optional defense critical technology list setting	125
4.4	Investigation method of the Defence Critical Technologies	130
4.4.1	Basic ideas of defense critical technology investigation	131
4.4.2	Index system design of defense critical technology investigation	134
4.4.3	Questionnaire design and Implementation of defense critical technology investigation	147
4.5	Investigation data set quantization synthesis processing method	153
4.5.1	Weighted processing of expert number	154

4.5.2	Maximum Value method	156
4.5.3	Single factor index method	157
4.5.4	Multi factor index method	159
4.5.5	Modification and consideration of relevant factors	162
4.6	Model and method of the Defence Critical Technologies	163
4.6.1	Basic ideas	163
4.6.2	Determination of evaluation criteria	165
4.6.3	Model of multi criteria ranking and expert comprehensive analysis	168
4.6.4	Model of criteria minus and expert demonstration	170
4.6.5	Model of weighted multi criteria	173

Chapter 5 Design Tool of the Defense Critical Technology

	Selection	176
5.1	Design requirements	176
5.2	Overall system design	178
5.2.1	Overall scheme block diagram	178
5.2.2	Logical structure diagram	179
5.2.3	Physical structure diagram	179
5.3	Application system design	182
5.3.1	Evaluation task management	183
5.3.2	Critical technology investigation management	186
5.3.3	System resource management	188
5.3.4	Basic model management	190
5.4	Database design	192

Chapter 6 Application Process of the Defense Critical Technology

	Selection	194
6.1	Basic process of the defense critical technology selection	194
6.2	Organization of the defense critical technology selection	194
6.3	Working procedure of the defense critical technology selection	196
6.4	“Preparation stage” implementation procedure	199
6.5	“Identify options stage” implementation procedure	200
6.6	“Technology investigation stage” implementation procedure	200
6.7	“Technology selection stage” implementation procedure	201