

# 防空导弹网络化体系 效能评估

Effectiveness Evaluation of Network-Centric  
Air-Defense Missile Systems

陈立新 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 防空导弹网络化体系 效能评估

Effectiveness Evaluation of  
Network-Centric Air-Defense  
Missile Systems

陈立新 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

防空导弹网络化体系效能评估/陈立新著. —北京:国防工业出版社, 2007. 11

ISBN 978-7-118-05223-7

I. 防... II. 陈... III. 防空导弹-网络系统-性能分析  
IV. TJ761.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 087928 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)

京南印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850×1168 1/32 印张 10 字数 253 千字

2007 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 35.00 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

## 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 第五届评审委员会组成人员

主任委员 刘成海

副主任委员 王 峰 张涵信 程洪彬

秘 书 长 程洪彬

副 秘 书 长 彭华良 蔡 镭

委 员 于景元 王小谟 甘茂治 刘世参

(按姓氏笔画排序)

杨星豪 李德毅 吴有生 何新贵

佟玉民 宋家树 张立同 张鸿元

陈冀胜 周一宇 赵凤起 侯正明

常显奇 崔尔杰 韩祖南 傅惠民

舒长胜

本书主审委员 常显奇

## 前 言

网络中心战(Network Centric Warfare,国内简称网络化作战)是指利用强大的计算机信息网络,将分布在广阔区域内的各种探测装置、指挥中心和各种武器合成为一个统一高效的集成系统,实现战场信息和作战资源的共享。在这种模式下,网络中心战使部队能够取得非对称信息优势地位,将信息优势有效地转化为决策优势,并将信息优势转化为部队战斗力。网络中心战是目前美军正在开展的一项涉及军事变革和技术创新的研究工作,已在阿富汗战争和伊拉克战争中进行了应用,初步体现了网络中心战的优越性。美军认为网络中心战是未来联合作战的核心,并将网络中心战作为实现联合部队作战能力转型和国防部转型目标的有效方法。

面对空袭目标的多样化、高速化、隐身化和空袭方式的超视距化、饱和化和电子干扰化的挑战以及大空域和高生存的防空作战要求,网络中心化结构是防空导弹体系作战的必然选择和发展趋势。网络中心化防空作战研究是各国研究网络中心战的热点,目前处于探索阶段。防空导弹网络中心化体系效能评估是设计、研制、使用防空导弹网络中心化体系的重要研究课题,也是防空导弹网络中心化体系的论证所必不可少的高效工具和迫切需要解决的关键技术。目前,没有直接可用的方法评估防空导弹网络中心化体系效能,本书试图提出一种新的理论与方法科学评估防空导弹网络中心化体系效能。

本书共分7章。第1章简要介绍了防空导弹体系的发展历程,着重介绍了防空导弹网络化体系结构及其作战流程、作战优势与技术挑战,总结了国内外有关防空导弹网络化体系效能评估的研究现状。第2章主要介绍防空导弹体系效能评估的理论基础和

总体模型框架,主要包括防空导弹体系效能评定准则、指标矩阵与评估思路等理论基础,防空导弹体系抗击效能、保护效能、适应能力与生存能力的评估模型以及防空导弹体系效能多目标决策模型。第3章介绍防空导弹体系作战信息域的探测器子域、融合子域和通信网络子域的完整性、准确性和时效性指标分析模型以及防空导弹体系作战信息域效能评估模型。第4章介绍防空导弹体系作战认知域的态势感知与决策子域和通信网络子域的完整性、准确性和时效性指标分析模型以及防空导弹体系作战认知域效能评估模型。第5章介绍攻防对抗条件下的防空导弹体系作战物理域效能评估模型和基于“虚拟服务台”理论的大拦截纵深防空导弹体系作战物理域效能评估模型,并给出了防空导弹体系作战物理域的拦截与杀伤行动子域的完整性、准确性和时效性指标分析模型。第6章拟制典型化防空作战想定,利用防空导弹体系效能评估模型,研究和计算了网络中心化防空导弹体系与平台中心化防空导弹体系对正常飞机、隐身飞机和超低空巡航导弹的主要作战效能指标,验证防空导弹体系效能评估模型的有效性。第7章展望了防空导弹网络化体系效能研究的下一步工作。

本书主要根据作者参加的相关研究项目和多年研究成果,经过进一步的组织与加工而完成的。同时,也参阅了国内外许多专家学者的文章和专著,在此谨向他们一并致谢。

本书在编写过程中得到了中国航天科技集团总经理殷兴良研究员、航天二院徐品高研究员、北京航空航天大学陈万春教授等指导与帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于防空导弹网络化作战技术及其效能评估研究处于探索阶段,资料匮乏,研究难度较大,加之作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请批评指正。

陈立新

2007年2月



# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 防空导弹网络中心化体系 .....	1
1.1.1 防空导弹体系发展历程 .....	1
1.1.2 防空导弹网络中心化体系需求分析 .....	7
1.2 防空导弹体系防空作战分析.....	10
1.2.1 防空导弹体系结构 .....	10
1.2.2 防空导弹体系防空作战流程 .....	14
1.2.3 防空导弹网络化体系的作战优势与技术 挑战 .....	20
1.3 防空导弹网络化体系效能评估概述.....	24
1.3.1 防空导弹体系效能定义 .....	24
1.3.2 防空导弹体系效能评估内容 .....	25
1.3.3 防空导弹体系效能评估方法 .....	27
1.3.4 防空导弹体系效能指标 .....	28
1.3.5 防空导弹体系效能指标度量 .....	29
1.3.6 防空导弹体系效能评估研究现状 .....	40
<b>第 2 章 防空导弹体系效能评估理论与模型框架</b> .....	45
2.1 防空导弹体系效能评估理论.....	45
2.1.1 防空导弹体系效能评定准则 .....	45
2.1.2 防空导弹体系效能指标体系 .....	48
2.1.3 防空导弹体系效能评估建模思路 .....	51
2.2 防空导弹体系抗击效能评估.....	53
2.2.1 防空导弹体系防空作战作用域 .....	53

2.2.2	防空导弹体系作战信息域效能评估模型	57
2.2.3	防空导弹体系作战认知域效能评估模型	61
2.2.4	防空导弹体系作战物理域效能评估模型	67
2.2.5	防空导弹体系抗击效能评估模型	69
2.3	防空导弹体系保护效能评估	71
2.3.1	防空导弹体系保护效能评估模型 1	71
2.3.2	防空导弹体系保护效能评估模型 2	73
2.4	防空导弹体系适应能力评估	74
2.4.1	防空导弹体系适应能力评估概述	74
2.4.2	基于木桶理论评估防空导弹体系适应能力	76
2.4.3	基于 TOWS 方法评估防空导弹体系适应能力	79
2.5	防空导弹体系生存能力评估	84
2.5.1	防空导弹体系生存能力评估方法	84
2.5.2	防空导弹体系生存能力评估模型 1	85
2.5.3	防空导弹体系生存能力评估模型 2	87
2.6	防空导弹体系效能多目标决策	89
2.6.1	效费比法优选防空导弹体系	91
2.6.2	分层序列法优选防空导弹体系	93
2.6.3	综合评估法优选防空导弹体系	95
<b>第 3 章</b>	<b>防空导弹体系作战信息域效能评估</b>	<b>100</b>
3.1	探测器子域信息转换质量分析	100
3.1.1	探测器子域完整性指标分析	101
3.1.2	探测器子域准确性指标分析	126
3.1.3	探测器子域时效性指标分析	128
3.2	融合子域信息转换质量分析	128
3.2.1	信息处理与融合系统的功能与结构	129
3.2.2	融合子域完整性指标分析	132
3.2.3	融合子域准确性指标分析	133
3.2.4	融合子域时效性指标分析	134

3.3	通信网络子域信息转换质量分析	134
3.3.1	通信子域完整性指标分析	135
3.3.2	通信子域准确性指标分析	147
3.3.3	通信子域时效性指标分析	149
3.4	防空导弹体系作战信息域效能模型	150
3.4.1	多个探测器组网信息域完整性指标分析	151
3.4.2	多个探测器组网信息域准确性指标分析	153
3.4.3	多个探测器组网信息域时效性指标分析	157
<b>第4章</b>	<b>防空导弹体系作战认知域效能评估</b>	<b>158</b>
4.1	决策组织结构	158
4.1.1	单决策组织结构	159
4.1.2	队决策组织结构	160
4.2	队决策分析	161
4.2.1	队决策理论简介	161
4.2.2	决策组织结构的决策策略研究	163
4.2.3	指挥方式对防空体系效能的影响	174
4.2.4	网络延迟对队决策的影响	178
4.2.5	目标信息误差对决策的影响	182
4.3	决策子域决策转换质量分析	185
4.3.1	决策子域完整性指标分析	186
4.3.2	决策子域准确性指标分析	199
4.3.3	决策子域时效性指标分析	201
4.4	通信网络子域决策转换质量分析	202
4.4.1	通信子域完整性指标分析	202
4.4.2	通信子域准确性指标分析	202
4.4.3	通信子域时效性指标分析	202
4.5	防空导弹体系作战认知域效能模型	203
<b>第5章</b>	<b>防空导弹体系作战物理域效能评估</b>	<b>204</b>
5.1	防空导弹体系攻防对抗分析	204
5.1.1	现代防空作战的典型空袭模式	205

5.1.2	对抗对防空导弹体系效能评估影响 .....	206
5.1.3	防空导弹体系攻防对抗仿真模型 .....	218
5.2	大拦截纵深防空导弹体系物理域效能评估 .....	222
5.2.1	防空导弹体系拦截区 .....	222
5.2.2	防空导弹体系拦截次数 .....	223
5.2.3	大拦截纵深防空导弹体系物理域效能评估 模型 .....	228
5.3	防空导弹体系作战物理域行动转换质量分析 .....	245
5.3.1	防空导弹体系作战物理域完整性指标分析 .....	245
5.3.2	防空导弹体系作战物理域准确性指标分析 .....	253
5.3.3	防空导弹体系作战物理域时效性指标分析 .....	254
<b>第 6 章</b>	<b>防空导弹体系效能评估仿真验证 .....</b>	<b>256</b>
6.1	概述 .....	256
6.2	防空导弹体系作战想定 .....	257
6.2.1	红方想定要素 .....	257
6.2.2	蓝方想定要素 .....	258
6.3	防空导弹体系对正常飞机的抗击率计算 .....	259
6.3.1	防空导弹体系对正常飞机的探测区 .....	260
6.3.2	防空导弹体系对正常飞机的拦截纵深与 拦截通道 .....	263
6.3.3	非对抗下的防空导弹体系对正常飞机的 抗击率 .....	271
6.3.4	对抗下的防空导弹体系对正常飞机的 抗击率 .....	275
6.4	防空导弹体系对隐身飞机的拦截区计算 .....	277
6.4.1	防空导弹体系对隐身飞机的探测区 .....	277
6.4.2	防空导弹体系对隐身飞机的拦截区 .....	278
6.4.3	防空导弹体系对隐身飞机的拦截区面积 .....	281
6.5	防空导弹体系对巡航导弹的拦截区计算 .....	282
6.5.1	防空导弹体系对巡航导弹的探测区 .....	282

6.5.2	防空导弹体系对巡航导弹的拦截区 .....	284
6.5.3	防空导弹体系对巡航导弹的拦截区面积 .....	289
<b>第7章</b>	<b>结论与展望 .....</b>	<b>291</b>
7.1	结论 .....	291
7.2	下一步工作 .....	292
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>295</b>

# CONTENTS

<b>Charter 1 Introduction</b> .....	1
1.1 Network-Centric Air-Defense Missile Systems .....	1
1.1.1 Development Process .....	1
1.1.2 Requirement Analysis .....	7
1.2 Operation Analysis of Air-Defense Missile Systems .....	10
1.2.1 Structure .....	10
1.2.2 Operational Flow .....	14
1.2.3 Operational Superiority and Technical Challenge .....	20
1.3 Introduction of Effectiveness Evaluation of Network-Centric Air-Defense Missile Systems .....	24
1.3.1 Definition of Air-Defense Missile Systems' Effectiveness .....	24
1.3.2 Content of Effectiveness Evaluation of Air-Defense Missile Systems .....	25
1.3.3 Method of Effectiveness Evaluation of Air-Defense Missile Systems .....	27
1.3.4 Selection of Measures of Effectiveness of Air-Defense Missile Systems .....	28
1.3.5 Calculation of Measures of Effectiveness of Air-Defense Missile Systems .....	29
1.3.6 The State of The Art of Research on Measures of Effectiveness of Air-Defense	

	Missile Systems .....	40
<b>Charter 2</b>	<b>Theory and Model Framework of Measures of Effectiveness of Air-Defense Missile Systems</b> .....	<b>45</b>
2.1	Theory of Measures of Effectiveness of Air-Defense Missile Systems .....	45
2.1.1	Criteria of Evaluation .....	45
2.1.2	Systems of Measures of Effectiveness .....	48
2.1.3	Modeling Idea .....	51
2.2	Oppugning Effectiveness Evaluation of Air-Defense Missile Systems .....	53
2.2.1	Air Defense Operation Domains .....	53
2.2.2	Evaluation Model of Effectiveness in Information Domain .....	57
2.2.3	Evaluation Model of Effectiveness in Cognitive Domain .....	61
2.2.4	Evaluation Model of Effectiveness in Physical Domain .....	67
2.2.5	Evaluation Model of Oppugning Effectiveness .....	69
2.3	Protecting Effectiveness Evaluation of Air-Defense Missile Systems .....	71
2.3.1	Evaluation Model 1 .....	71
2.3.2	Evaluation Model 2 .....	73
2.4	Evaluation Model of Air-Defense Missile Systems' Adaptability .....	74
2.4.1	Introduction .....	74
2.4.2	Evaluation of Air-Defense Missile Systems' Adaptability Based Cask Theory .....	76
2.4.3	Evaluation of Air-Defense Missile Systems' Adaptability Based TOWS Method .....	79

2.5	Evaluation Model of Air-Defense Missile Systems' Survivability .....	84
2.5.1	Evaluation Method .....	84
2.5.2	Evaluation Model 1 .....	85
2.5.3	Evaluation Model 2 .....	87
2.6	Multiple Objective Decision Making of Air-Defense Missile Systems' Effectiveness .....	89
2.6.1	Selection Air-Defense Missile Systems by Effectiveness-Costs Ratio .....	91
2.6.2	Selection Air-Defense Missile Systems by Layered Programming Method .....	93
2.6.3	Selection Air-Defense Missile Systems by Integrated Evaluation .....	95
<b>Charter 3 Effectiveness Evaluation of Air-Defense Missile Systems in Information Domain .....</b>		
<b>100</b>		
3.1	Analysis of Information Quality Transformations in Sensor Sub-Domain .....	100
3.1.1	Completeness .....	101
3.1.2	Correctness .....	126
3.1.3	Currency .....	128
3.2	Analysis of Information Quality Transformations in Fusion Sub-Domain .....	128
3.2.1	Function and Structure .....	129
3.2.2	Completeness .....	132
3.2.3	Correctness .....	133
3.2.4	Currency .....	134
3.3	Analysis of Information Quality Transformations in Network Sub-Domain .....	134
3.3.1	Completeness .....	135
3.3.2	Correctness .....	147



3.3.3	Currency .....	149
3.4	Evaluation Model of Air-Defense Missile Systems' Effectiveness in Information Domain .....	150
3.4.1	Completeness of Multiple Networked Sensors .....	151
3.4.2	Correctness of Multiple Networked Sensors .....	153
3.4.3	Currency of Multiple Networked Sensors .....	157
<b>Charter 4</b>	<b>Effectiveness Evaluation of Air-Defense Missile Systems in Cognitive Domain</b> .....	158
4.1	Structure of Decision-Making Organization .....	158
4.1.1	Single Decision-Making .....	159
4.1.2	Team Decision-Making .....	160
4.2	Analysis of Team Decision-Making Organization .....	161
4.2.1	Team Decision-Making Theory .....	161
4.2.2	Strategy .....	163
4.2.3	Effect of Command Mode on Air-Defense Systems' Effectiveness .....	174
4.2.4	Effect of Network Delay on Team Decision-Making .....	178
4.2.5	Effect of Target Information Error on Decision-Making .....	182
4.3	Analysis of Decision-Making Quality Transformations in Decision-Making Sub-Domain .....	185
4.3.1	Completeness .....	186
4.3.2	Correctness .....	199
4.3.3	Currency .....	201
4.4	Analysis of Decision-Making Quality	