

光电干扰效果 评估方法

Evaluation Methods for Electro-Optical
Jamming Effectiveness

高卫 黄惠明 李军 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

光电干扰效果评估方法

Evaluation Methods for Electro-Optical
Jamming Effectiveness

高卫 黄惠明 李军 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

光电干扰效果评估方法/高卫,黄惠明,李军著.

北京:国防工业出版社,2006.7

ISBN 7-118-04591-8

I. 光... II. ①高... ②黄... ③李...

III. 激光对抗—效果—评估 IV. TN977

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 069352 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 5 字数 122 千字

2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 18.00 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

前 言

干扰效果评估是电子对抗装备作战效能评估的核心问题,干扰效果评估方法是电子对抗试验技术研究的重点。与其他各类电子干扰相比,光电干扰效果评估方法的研究工作起步较晚,研究还很不充分,评估方法还不成熟,不能满足光电对抗装备论证设计、研制生产、试验鉴定等各行业对装备作战效能定量、客观、准确评估的需要。目前,随着光电对抗技术和装备的迅速发展和广泛应用,迫切需要全面、深入开展光电干扰效果评估有关理论和技术问题的研究。与此同时,对于从事光电对抗装备科研、生产、试验、使用等各行业的科研、工程技术人员,也迫切需要一本系统介绍光电干扰效果评估方法的专著。

本书综述了各类光电干扰技术及其发展应用现状,阐述了光电干扰对象即各类光电武器或设备的工作原理和一般组成结构,分析了光电干扰对各类对象的干扰机理,在此基础上,重点论述了光电干扰对各类对象干扰效果的评估方法。本书是在作者近年来从事光电干扰效果评估方法研究所获成果的基础上完成的,除了主要介绍作者自己的研究成果,还总结和吸收了已有的一些有价值的成果,力求使本书成为一本系统介绍光电干扰效果评估方法的有价值的参考书,以满足光电对抗装备论证设计、研制生产、试验鉴定等各行业的工程实践需求,并可推动光电干扰效果评估方法的研究工作。

全书共9章。第1章绪论,介绍了有关背景情况。第2章光电干扰技术,综述了各类光电干扰技术及其发展应用现状。第3

章光电干扰对象,阐述了各类光电干扰对象的工作原理和一般组成结构,分析了光电干扰对各类对象的干扰机理。第4章干扰效果评估基本理论,讨论分析了电子干扰效果评估的有关概念、干扰效果评估准则等。第5章至第9章分别论述了光电干扰对光电制导武器、光电引信、光电成像侦测设备、激光雷达类侦测设备、人眼等五类主要作战对象干扰效果的评估方法,针对不同试验方法、试验条件和评估要求,给出了各种不同的干扰效果评估准则。本书的最后,提供了两个有关测量误差理论和数字图像处理方法的附录,以方便读者查阅和理解本书中给出的评估方法。

本书适用于从事电子对抗装备论证设计、研制生产、试验鉴定的工程技术人员,以及从事电子对抗技术研究、教学的大专院校有关专业师生和科研人员。

本书的编写出版得到作者所在单位北京跟踪与通信技术研究所的大力支持和资助,并得到国防工业出版社的大力支持,作者对此表示衷心感谢!北京航天飞行控制中心危艳玲同志精心绘制了本书中的大部分插图,并承担了大量的录入、校对工作,在此特别对她的辛勤劳动表示衷心感谢。中国电子科技集团公司第53研究所陈素菊研究员、北京理工大学郝群教授认真审阅了全书,并提出许多改进建议,借此机会谨表诚挚谢意。本书的顺利出版还得到了北京跟踪与通信技术研究所李国强、王乃卫等同志的帮助,在此一并致谢。

由于作者水平有限,加之目前对于光电干扰效果评估方法还处于探索阶段,本书中给出的一些评估方法还不尽完善,有待在实践中进一步检验和改进,所以错误或不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者
2006年5月

目 录

第 1 章 绪论	1
第 2 章 光电干扰技术	4
2.1 激光角度欺骗干扰技术	4
2.2 激光距离欺骗干扰技术	6
2.3 激光致盲干扰技术	7
2.4 红外干扰弹技术	11
2.5 红外干扰机技术	13
2.6 烟幕干扰技术	16
2.7 光电隐身技术	19
2.8 光电假目标技术	21
2.9 非相干强闪光干扰技术	22
第 3 章 光电干扰对象	23
3.1 光电制导武器	23
3.1.1 制导武器概述	23
3.1.2 单一光电制导方式制导武器	25
3.1.3 光电复合制导武器	32
3.1.4 巡航导弹	33
3.1.5 对光电制导武器的干扰机理	34
3.2 光电引信	37
3.2.1 激光引信	38
3.2.2 红外引信	39
3.2.3 对光电引信的干扰机理	40

3.3	光电成像侦测设备	42
3.3.1	电视	43
3.3.2	微光夜视仪	47
3.3.3	微光电视	50
3.3.4	红外热像仪	51
3.3.5	光电搜索、跟踪系统	53
3.3.6	对光电成像侦测设备的干扰机理	56
3.4	激光雷达类侦测设备	58
3.4.1	激光测距机	59
3.4.2	激光跟踪测量雷达	61
3.4.3	对激光雷达类侦测设备的干扰机理	63
第4章	干扰效果评估基本理论	67
4.1	有关概念	67
4.2	干扰效果评估准则	69
4.2.1	功率准则	70
4.2.2	概率准则	71
4.2.3	效率准则	72
第5章	对光电制导武器干扰效果的评估方法	74
5.1	试验方法	74
5.1.1	实弹干扰试验	75
5.1.2	外场模拟干扰试验	76
5.1.3	仿真干扰试验	77
5.1.4	综合试验方法	79
5.2	制导武器的主要性能指标	80
5.2.1	制导误差和脱靶量	81
5.2.2	制导精度	84
5.2.3	命中概率	85
5.2.4	杀伤概率	85

5.3	干扰效果评估准则	87
5.3.1	仿真干扰试验	87
5.3.2	实弹干扰试验	93
5.3.3	外场模拟干扰试验	96
第6章	对光电引信干扰效果的评估方法.....	100
6.1	引战配合特性	100
6.2	干扰效果评估准则	102
6.2.1	干扰成功率准则	102
6.2.2	杀伤概率准则	103
6.3	试验方法	104
第7章	对光电成像侦测设备干扰效果的评估方法.....	105
7.1	光电观瞄设备	105
7.1.1	干扰效果评估准则	105
7.1.2	试验方法	114
7.2	光电搜索跟踪系统	114
7.2.1	干扰效果评估准则	114
7.2.2	试验方法	117
第8章	对激光雷达类侦测设备干扰效果的评估方法.....	118
8.1	激光测距机	118
8.1.1	测距误差和测距精度	118
8.1.2	干扰效果评估准则	119
8.1.3	试验方法	122
8.2	激光跟踪测量雷达	123
8.2.1	干扰效果评估准则	124
8.2.2	试验方法	124
第9章	激光对人眼干扰损伤效果的评估方法.....	125
9.1	人眼的构造和特点	125
9.2	激光对人眼的干扰损伤效应	127

9.3	激光对视网膜的损伤等级	128
9.4	激光对角膜的损伤等级	130
9.5	激光对人眼干扰损伤效果的评估准则和试验 方法	130
附录 A	测量误差理论有关结果	132
附录 B	图像相似度的表征方法	138
参考文献		141

CONTENTS

Chapter 1	Introduction	1
Chapter 2	Electro - Optical Jamming Techniques	4
2.1	Laser Angular Deception Jamming	4
2.2	Laser Range Deception Jamming	6
2.3	Laser Blinding Jamming	7
2.4	Infrared Decoy Flare	11
2.5	Infrared Jammer	13
2.6	Smokescreen Jamming	16
2.7	Electro-Optical Stealthy Technique	19
2.8	False Target	21
2.9	Intensive Noncoherent Flash Jamming	22
Chapter 3	Objects Sensitive to Electro - Optical Jamming	23
3.1	Electro-Optical Guided Weapons	23
3.1.1	General on Guided Weapons	23
3.1.2	Pure Optical Guided Weapons	25
3.1.3	Compound Electro-Optical Guided Weapons	32
3.1.4	Cruise Missiles	33
3.1.5	Mechanisms for Jamming on Electro- Optical Guided Weapons	34
3.2	Electro-Optical Fuzes	37
3.2.1	Laser Fuze	38

3. 2. 2	Infrared Fuze	39
3. 2. 3	Mechanisms for Jamming on Electro-Optical Fuzes	40
3. 3	Electro-Optical Imaging Systems	42
3. 3. 1	TV Camera	43
3. 3. 2	Low Light Level Viewer	47
3. 3. 3	Low Light Level TV Camera	50
3. 3. 4	Infrared Thermal Imager	51
3. 3. 5	Electro-Optical Search and Tracking System	53
3. 3. 6	Mechanisms for Jamming on Electro-Optical Imaging Systems	56
3. 4	Laser Radars	58
3. 4. 1	Laser Rangefinder	59
3. 4. 2	Laser Tracking Radar	61
3. 4. 3	Mechanisms for Jamming on Laser Radars ...	63
Chapter 4 General Theory of Electronic Jamming		
	Effectiveness Evaluation	67
4. 1	Concepts Concerned	67
4. 2	Evaluation Rules for Jamming Effectiveness	69
4. 2. 1	Power Rule	70
4. 2. 2	Probability Rule	71
4. 2. 3	Efficiency Rule	72
Chapter 5 Evaluation Methods for Jamming Effectiveness		
	on Electro - Optical Guided Weapons	74
5. 1	Test Methods	74
5. 1. 1	Ball Firing Jamming Test	75
5. 1. 2	Field Jamming Test with Seekers	76

5. 1. 3	Simulation Jamming Test	77
5. 1. 4	Compositive Test	79
5. 2	Main Evaluation Indexes for Guided Weapon	
	Performance	80
5. 2. 1	Guidance Error and Miss Distance	81
5. 2. 2	Guidance Accuracy	84
5. 2. 3	Hit Probability	85
5. 2. 4	Kill Probability	85
5. 3	Evaluation Rules for Jamming Effectiveness	87
5. 3. 1	Simulation Jamming Test	87
5. 3. 2	Ball Firing Jamming Test	93
5. 3. 3	Field Jamming Test with Seekers	96
Chapter 6	Evaluation Methods for Jamming Effectiveness	
	on Electro - Optical Fuzes	100
6. 1	Fuze -Warhead Coordination Performance	100
6. 2	Evaluation Rules for Jamming Effectiveness	102
6. 2. 1	Jamming Success Rate Rule	102
6. 2. 2	Kill Probability Rule	103
6. 3	Test Method	104
Chapter 7	Evaluation Methods for Jamming Effectiveness	
	on Electro - Optical Imaging Systems	105
7. 1	Electro -Optical Observation and Aiming Device ...	105
7. 1. 1	Evaluation Rules for Jamming	
	Effectiveness	105
7. 1. 2	Test Method	114
7. 2	Electro -Optical Search and Tracking System	114
7. 2. 1	Evaluation Rules for Jamming	
	Effectiveness	114

7. 2. 2	Test Method	117
Chapter 8	Evaluation Methods for Jamming Effectiveness	
	on Laser Radars	118
8. 1	Laser Rangefinder	118
8. 1. 1	Ranging Error and Accuracy	118
8. 1. 2	Evaluation Rules for Jamming Effectiveness	119
8. 1. 3	Test Method	122
8. 2	Laser Tracking Radar	123
8. 2. 1	Evaluation Rule for Jamming Effectiveness	124
8. 2. 2	Test Method	124
Chapter 9	Evaluation Method for Jamming and Injury	
	Effect on Human Eyes by Laser Irradiation	125
9. 1	Structure of Human Eye	125
9. 2	Jamming and Injury Effect on Human Eyes by Laser Irradiation	127
9. 3	Injury Grades of Retina	128
9. 4	Injury Grades of Cornea	130
9. 5	Evaluation Rule and Test Method for Jamming and Injury Effect on Human Eyes by Laser Irradiation	130
Appendix A	Some Important Results in the Measure	
	Error Theory	132
Appendix B	Characterization of Correlativity between	
	Two Images	138
References		141

第 1 章 绪 论

现代光电子技术在军事上的广泛应用,大大促进了光电侦测技术和光电制导技术的迅速发展,目前已形成完整的光电侦测和光电制导武器装备体系。在各类装甲战车、飞机、舰船等现代军事作战平台上,普遍装备了以电视、红外热像仪、微光夜视设备、激光测距机、激光跟踪测量雷达等为代表的光电侦测设备。同时,在这些作战平台上还大量装备了各类激光制导武器、红外制导武器、电视制导武器、光电复合制导武器等光电制导武器。由于这些光电侦测设备和光电制导武器的普遍应用,使现代战争作战模式发生了巨大变革。光电侦测设备和光电制导武器已成为现代高技术战争中最主要的威胁之一。

光电侦测设备和光电制导武器的发展和广泛应用,大大刺激了光电对抗技术和武器装备的发展。近几十年来,光电对抗技术随着光电制导武器和光电侦测设备的发展应用而迅速发展,也已经形成了较为完整的武器装备体系,并大量装备于各类装甲战车、飞机、舰船等作战平台上,其作战对象主要是来袭光电制导武器及敌方光电侦测设备,以保护作战平台自身以及导弹发射阵地、指挥控制中心、通信枢纽等重要目标或设施的安全。

光电对抗是电子对抗的重要组成部分之一,是在光波段(包括紫外、可见光、红外波段)的电子对抗。光电对抗是敌对双方利用光电技术手段和武器装备,对敌方的光电武器装备(主要是各类光电制导武器、光电侦测设备等)进行侦察和干扰,以使之降低或丧失作战效能,或通过采取光电隐身、光电假目标、光电防护等反侦察、反干扰措施,避免己方武器装备或作战人员受到敌方光电武器装备的侦察和干扰,以提高己方武器装备和作战人员的生存能力

和作战效能。

因此,光电对抗包括光电侦察、光电干扰、光电反侦察与反干扰三个方面。光电侦察是指利用光电技术手段和武器装备,对敌方光电武器装备辐射或反射的光波信号进行搜索、探测、截获、定位及识别,及时提供威胁信息情报或发出告警,以使被保护目标规避行动或采取相应主动对抗措施。光电干扰是指利用光电技术手段和武器装备,通过辐射、反射或吸收特定波段的光波能量,或通过改变目标的光学特性,干扰、破坏或削弱敌方光电武器装备的正常工作。光电反侦察与反干扰是指为防御敌方对己方光电武器装备的侦察,以及为消除或削弱敌方光电干扰的有害影响,以保障己方光电武器装备的正常工作所采取的对抗措施。

由此可见,在光电对抗的三个方面中,光电侦察是实施光电干扰的前提,一般是为实施光电干扰服务的;光电干扰为积极对抗手段,直接对敌方光电武器装备实施干扰、损伤或破坏;光电反侦察与反干扰则是一种消极、防御性的对抗手段。因此,光电干扰是光电对抗的核心,光电侦察、光电反侦察与反干扰则是有效实施光电干扰的保障条件。也正因如此,有时狭义上的光电对抗概念专指光电干扰。

干扰效果是指电子干扰设备实施干扰后对被干扰对象产生的干扰、损伤或破坏效应,它是干扰设备干扰能力的直观体现。干扰效果评估是对这种效应的定性或定量评价。干扰效果评估是电子对抗装备作战效能评估的核心问题,是电子对抗技术研究,电子对抗装备论证、研制、试验鉴定过程中必不可少的重要环节,对于装备作战效能的客观、准确评估以及改进完善具有至关重要的意义。

如何客观、准确以及定量评价电子对抗装备对各类作战对象的干扰效果,是贯穿于电子对抗装备从论证设计、研制生产、试验鉴定直到作战使用全过程的重要课题,一直得到电子对抗装备科研、生产、试验、使用等各行业的广泛关注和特别重视。如何建立一整套科学合理、简单有效的干扰效果评估准则和试验方法,是电子对抗技术和装备发展的必要条件。因此,干扰效果评估方法历来就是电子对抗试验技术研究的核心和重点。

在各类电子干扰中,以对雷达电子干扰效果评估方法的研究最为充分,经过国内外多年的深入研究,已经取得了不少成果,提出了许多概念和评估方法。以干扰效果评估准则来讲,根据干扰信号样式和被干扰对象种类,就提出了多种干扰效果评估准则,如功率准则、概率准则和效率准则等。

与其他电子干扰,特别是与雷达电子干扰效果评估方法的研究相比,光电干扰效果评估方法的研究工作起步较晚,加之光电干扰及其作战对象种类繁多,干扰效果评估所涉及的专业领域很宽,情况比较复杂,难度较大,存在许多理论和技术难题。因此,对光电干扰效果评估方法的研究还很不充分,评估方法还不成熟,尚处于摸索阶段,没有形成系统、完整、合理、实用、公认的评估方法,不能满足光电对抗装备论证设计、研制生产、试验鉴定等各行业对装备作战效能评估的需要。目前,随着光电对抗技术和装备的迅速发展和广泛应用,迫切需要全面、深入开展光电干扰效果评估有关理论和技术问题的研究。

作者近年来对光电干扰效果评估问题作了系统、深入的研究,在干扰效果评估理论、各类光电干扰效果的定量评估准则等方面取得了一些研究成果,本书就是在总结研究成果的基础上完成的。考虑到目前国内外还没有专门介绍光电干扰效果评估问题的专著,为了使读者能对这一领域有一个比较全面的认识 and 了解,本书对光电干扰技术、光电干扰对象、光电干扰机理等相关知识作了比较详细的阐述。在此基础上,全面论述了光电干扰对光电制导武器、光电引信、光电成像侦测设备、激光雷达类侦测设备以及人眼等各类作战对象干扰效果的评估方法,并针对不同试验方法、试验条件和评估要求,给出了各种不同的干扰效果评估准则。作者希望,本书不仅能满足光电对抗装备论证设计、研制生产、试验鉴定等各行业对装备作战效能定量、客观、准确评估的工程实践需要,从而直接推动光电对抗装备的发展,而且能为读者提供一本全面了解光电干扰效果评估这一领域的有价值的参考书,以推动该领域的研究工作。

第 2 章 光电干扰技术

光电干扰种类很多,但一般可以划分为有源干扰(Active Jamming)和无源干扰(Passive Jamming)两大类。

光电有源干扰是指通过有意发射(或转发)一定波长或波段的光波,对敌方光电武器或设备进行压制或欺骗的一种光电干扰。根据干扰源类别的不同,光电有源干扰又可以分为激光干扰、红外干扰等。其中,激光干扰按照干扰方式的不同,又可以分为压制式和欺骗式两种:压制式干扰即激光致盲干扰;欺骗式干扰按照所针对干扰对象的不同又可分为激光角度欺骗干扰、激光距离欺骗干扰等。红外干扰按照干扰源种类和干扰机理的差别又可以分为红外干扰弹、红外干扰机等。

光电无源干扰是指利用某些特制器材反射、散射或吸收光波,以隐蔽目标、改变目标光学特性,或者通过显示假目标,妨碍敌方光电武器或设备正常工作的一种光电干扰。光电无源干扰技术主要包括烟幕干扰技术、光电隐身技术和光电假目标技术。

在各种光电干扰中,技术比较成熟、应用比较广泛的主要有激光角度欺骗干扰技术、激光距离欺骗干扰技术、激光致盲干扰技术、红外干扰弹技术、红外干扰机技术、烟幕干扰技术、光电隐身技术和光电假目标技术等,本章将详细介绍这些光电干扰技术及其发展应用现状。

2.1 激光角度欺骗干扰技术

激光角度欺骗干扰针对的干扰对象主要是对地攻击的激光制导武器,通过在被保护目标以外的方向上发射激光欺骗干扰信号,