

光电对抗技术与系统

刘京郊 著

 中国科学技术出版社

光电对抗技术与系统

刘京郊 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

光电对抗技术与系统/刘京郊著. - 北京: 中国科学技术出版社, 2004.6

ISBN 7-5046-3838-2

I. 光... II. 刘... III. 电子对抗 IV. TN97
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 063755 号

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京博诚印刷厂印刷

*

开本:850 毫米 × 1168 毫米 1/32 印张:12.875 字数:347 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 7-5046-3838-2/TN·29

印数:1—2000 册 定价:50.00 元

(内部交流)

序

今年4月,在总装备部科技委2004年学术交流会上,刘京郊同志和我谈起光电对抗这个话题,以及在此热点发展领域中的一些最新进展与战场应用情况,同时也了解到她在写光电对抗专著的情况。其后,她送来了《光电对抗技术与系统》这本书的样稿,期望我予以指导。校阅后,我想为她的专著写一点甚有所感的话,来表达我的殷切希望。

光电对抗是一种针对光电制导武器、光电侦察预警卫星、光电火控系统,以及各类军用光电装备实施干扰与破坏的电子战斗争形式。随着21世纪光电技术的迅速发展,以及各类先进军用光电装备日益广泛地应用于高技术信息化战场,科索沃战争、伊拉克战争都是实例。可以预计,能够与不断发展中的先进光电武器相抗衡的光电对抗技术,将成为今后一个时期内,电子战与信息战中发展速度增长最快的技术领域之一。我们国家对此亦十分重视,并制定了相应的发展战略与规划。

从总体上来说,光电对抗在专业领域划分上属于电子对抗范畴,电子对抗由光电对抗、雷达对抗和通信对抗这三个主要部分组成。但实际上,不仅光电对抗的主要作战对象是各类军用光电武器与系统,而且其技术基础就是光电技术。因此,这也是我多年来一直关注我国光电对抗技术发展,并希望推动军用光电技术与光电对抗装备发展相结合的主要原因。最近十年来,我很高兴地看到,随着高技术局部战争对光电对抗装备发展所提出的迫切需求,使得我国过去和当前许多自行研究与开发的先进光电技术,陆续在光电对抗的装备中有所应用与发展。例如,大功率固体与气体激光器、多波段可调谐激光器、高性能红外探测器,以及高精度光

电跟踪瞄准技术等,它们已成为构成新一代光电对抗侦察与干扰装备的重要基础与支撑技术。与此同时,光电对抗也强有力地牵动着我国光电技术的进步,并为现代光电技术的跨越式发展,展示出广阔的军事应用前景。可以说,只有掌握了高水平的光电技术,方有可能研制出高性能的光电对抗装备,它们之间犹如一对孪生兄弟,在相互促进中竞相发展,共同成长。

我欣慰地看到,在我们国家,在这样一个起步时间不长的新兴光电对抗技术领域,不仅已经填补了多项光电对抗装备技术空白,而且在部分重要的对抗武器系统技术方面,缩小了与国外先进水平的差距。特别是年轻一代科技工作者的茁壮成长,他(她)们有魄力、有志气,勇于开拓创新,刻苦钻研,以强烈的事业心与责任感,为国家和军队建设奉献力量。我想,我们国家的希望也在于此。刘京郊同志就是这些佼佼者之一。她 20 多年来一直工作在光电对抗装备科研的第一线,创造性地解决了光电对抗装备与技术发展中一些重大的关键技术,在光电对抗研究上有较高的学术造诣,为光电对抗专业的建立与发展做出重要贡献,是我国光电对抗领域的主要开拓者和学科带头人。

《光电对抗技术与系统》是一本光电对抗技术领域的专著。作者从光电对抗原理到典型系统举例;从对抗技术基础到装备战术运用;从光电对抗发展历史到当前最新进展,对现代光电对抗技术与军事应用作了较为全面而系统的论述。它既是一本系统介绍光电对抗技术的专业书籍,也是作者多年从事光电对抗技术研究的工作总结。该书的出版,能够对在我国宣传与普及光电对抗知识,学习与研究光电对抗技术,促进与推动光电对抗装备技术的发展,有所启迪和有所帮助。



2004 年 5 月 21 日

前 言

光电对抗是从 20 世纪六七十年代发展起来的一门新兴技术领域,它与雷达对抗和通信对抗一起成为电子对抗的三个基本组成部分。光电对抗的主要对抗目标是各类先进的军用光电武器与系统,在削弱和破坏敌方光电装备使用效能的同时,保护己方的光电设备和作战人员。光电对抗包括光电侦察告警、光电干扰和光电防御三个主要技术领域,覆盖了从紫外、可见光到红外的全光谱波段。因此光电对抗也可称为是在光波段的一种电子斗争形式。

20 世纪 70 年代以来,随着各类先进光电制导武器与光电侦察探测系统在多次高技术局部战争中日益广泛地使用,能够与之相抗衡的光电对抗也开始得到各国军方的重视。特别是自 1991 年第一次海湾战争之后,光电对抗技术与装备得以长足发展,并逐步形成一个比较完整的技术领域。

本书作为光电对抗领域的一部专业书籍,为了能够比较全面地反映当代光电对抗技术的全貌及其特点,系统论述了光电对抗所涉及的主要技术领域与其技术内涵;总结归纳了光电对抗技术与装备的发展历史与现状;系统阐述了光电对抗典型装备的作战用途与技术特点;重点介绍了一些光电对抗新体制与新技术;并对光电对抗的主要作战对象—军用光电装备在现代战争中的作用地位,及其主要性能进行了比较全面的介绍。

全书共八章。第一章概述了光电对抗技术与军用光电技术的发展历史、现状与未来发展趋势。第二章到第四章分别阐述了光电侦察告警、光电无源干扰和光电有源干扰三类技术领域的分类、原理、功能与典型系统,包括装备使用情况。第五章到第七章分别描述了近年来在光电干扰效果检测/评估、光电防御,以及光电对

抗新技术等方面所取得的进展、技术特点、典型系统与应用举例。第八章则对军用光电装备进行了简要的综述。

为使本书具有较好的可读性与较高的参考价值,并能适应不同类型读者的需求,在保持光电对抗体系完整的前提下,本书在内容选择与编排上,对近年来发展的一些具有代表性的光电对抗新技术与实用型光电对抗系统做了较多篇幅的描述,并结合作者长期从事光电对抗技术研究所积累的知识与经验,对其中一些典型系统进行了定量和定性的分析与论述。

本书在撰写与修改过程中,万学法同志为全书的审校花费了大量的精力,并提出许多宝贵的修改意见;陈金风编辑为全书的文字校正付出了辛勤的劳动;书中所选用的部分典型系统举例,有些是在作者的多位同事及相关部门的密切配合下实现的。在此,谨向所有支持和帮助过我的领导、专家和同志们一并表示最衷心的感谢!

此外,特别要感谢的是,我国科技界德高望重的老一辈科学家王大珩院士,对本书的出版给予的极大鼓励与支持,对内容修改提出的极其宝贵的指导意见,并以九十岁的高龄亲自为本书作序,使作者深切感受到老一代科学家对新兴科学技术领域发展的期望与支持,以及对年轻一代科技工作者的巨大关怀。在此,致以最诚挚的谢意!

由于作者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,欢迎批评指正。

刘京郊

2004年3月于北京

目 录

序	王大珩
前言	刘京郊
第一章 光电对抗与军用光电技术概述	1
1.1 光电对抗技术概述	1
1.2 军用光电技术概述	7
1.2.1 军用光电技术与装备发展简要回顾	7
1.2.2 军用光电技术在现代战争中的作用	8
1.3 光电对抗与军用光电技术	12
1.4 光电对抗发展趋势	18
1.4.1 光电对抗发展现状	18
1.4.2 光电对抗技术发展趋势	20
1.4.3 光电对抗基础技术发展预测	22
第二章 光电对抗侦察技术与系统	26
2.1 概述	26
2.2 光电对抗侦察设备及战场应用	30
2.2.1 激光侦察告警器发展与装备情况	30
2.2.2 红外告警器发展与装备情况	33
2.3 激光侦察告警技术	38
2.4 红外侦察告警技术	48
2.5 紫外侦察告警技术	57
2.6 直升机载光电对抗情报侦察系统	61
2.6.1 简述	61
2.6.2 主要用途	62
2.6.3 系统组成及功能	63

2.6.4	主要性能要求及分析	70
2.6.5	典型战术运用简介	83
2.6.6	国内外同类装备发展现状和趋势	85
2.6.7	机载激光侦察系统	87
2.6.8	侦察系统配套设备——视轴稳定平台	91
2.7	水下目标激光探测技术	94
2.7.1	简述	94
2.7.2	国内外研究现状及发展趋势	95
2.7.3	船载水下目标激光探测系统	98
2.8	无人遥控光电侦察系统	100
第三章 光电无源干扰技术与系统		105
3.1	概述	105
3.2	光电无源干扰技术	107
3.2.1	简述	107
3.2.2	光电无源干扰分类与功能	108
3.2.3	水幕干扰技术举例	110
3.3	光电无源干扰设备及战场应用	113
3.3.1	光电无源干扰设备与主要性能	113
3.3.2	地面大型目标综合光电无源干扰系统	119
3.3.3	光电无源干扰轻型机	123
3.4	无源干扰气象武器技术	127
第四章 光电有源干扰技术与系统		130
4.1	概述	130
4.2	红外诱饵弹技术与装备	132
4.2.1	简述	132
4.2.2	机载红外诱饵	133
4.2.3	舰载红外诱饵	134
4.2.4	新型红外诱饵	136
4.2.5	典型红外诱饵装备简介	137
4.3	红外干扰机技术与装备	138

4.3.1	简述	138
4.3.2	国外红外干扰机技术与装备	138
4.3.3	红外干扰机主要性能	140
4.4	红外定向干扰机技术与系统	142
4.5	激光欺骗干扰技术与系统	145
4.5.1	简述	145
4.5.2	激光角度欺骗干扰技术	146
4.5.3	激光距离欺骗干扰技术	148
4.6	激光致盲武器技术	151
4.6.1	简述	151
4.6.2	可调谐激光致盲效果	155
4.6.3	可调谐激光致盲系统举例	156
4.6.4	“激光致盲武器议定书”国际军控	157
4.7	激光对抗武器技术	163
4.7.1	简述	163
4.7.2	高重频 CO ₂ 激光干扰效应及相关技术	170
4.7.3	脉冲 Nd:YAG 激光干扰系统及相关技术	181
第五章	光电干扰效果检测/评估技术与系统	198
5.1	概述	198
5.2	光电制导武器干扰效果静态检测与评估	202
5.2.1	简述	202
5.2.2	干扰效果模拟仿真系统用途及特点	203
5.2.3	光电制导武器干扰效果静态模拟仿真系统	204
5.2.4	红外成像制导武器干扰效果静态模拟仿真系 统举例	205
5.3	光电制导武器动态干扰效果检测与评估	214
5.3.1	系统用途与功能	214
5.3.2	系统组成与典型使用方式	216
5.3.3	远场宽波段激光光斑分布探测系统	227
5.4	空间光电干扰效果模拟技术	230

5.4.1	简述	230
5.4.2	模拟系统主要技术性能	231
5.4.3	系统组成及其功能	232
5.4.4	部分在轨卫星典型性能简介	235
5.5	光电无源干扰效果综合检测技术	237
5.5.1	简述	237
5.5.2	系统用途与功能	237
5.5.3	测试系统构成与性能	239
5.5.4	测试方法与测试系统	247
第六章 光电防御技术		251
6.1	概述	251
6.2	光电隐身伪装技术	254
6.2.1	红外隐身技术	254
6.2.2	激光隐身技术	255
6.2.3	光电伪装技术	258
6.3	武器系统光电隐身技术与措施	260
6.3.1	飞机红外隐身	260
6.3.2	舰艇光电隐身	264
6.3.3	坦克车辆光电隐身	265
6.3.4	重要目标可见光隐身	267
6.3.5	典型隐身飞机 A-129 简介	268
6.3.6	卫星红外隐身技术	270
6.4	激光防护技术	270
6.4.1	简述	270
6.4.2	眼与皮肤的激光防护	272
6.4.3	光学薄膜抗激光加固技术	277
6.4.4	军用光电系统抗激光加固措施	280
6.4.5	对激光硬破坏的防护措施	286
6.4.6	光电防御技术发展展望	288
6.5	国外部分典型光电伪装器材简介	289

第七章 光电对抗新技术	292
7.1 概述	292
7.2 激光武器技术	293
7.2.1 简述	293
7.2.2 美国激光武器技术与系统	299
7.2.3 俄罗斯激光武器技术与系统	315
7.2.4 其他国家激光武器发展情况	317
7.2.5 激光武器系统面临的问题	320
7.3 空间光电对抗技术	323
7.3.1 简述	323
7.3.2 空间光电对抗技术体系	326
7.3.3 空间光电对抗技术发展展望	327
7.4 激光反辐射武器技术	330
7.4.1 简述	330
7.4.2 激光反辐射武器主要性能	333
7.5 信息攻防新概念武器	334
7.5.1 简述	334
7.5.2 部分信息攻防新概念武器发展现状	334
7.5.3 未来信息攻防新概念武器发展展望	337
7.6 信息安全与光电子技术	339
7.6.1 简述	339
7.6.2 信息安全与光电防护	340
7.7 新型激光技术发展展望	342
7.7.1 21 世纪初期激光技术发展展望	342
7.7.2 国外新型激光技术发展现状	349
7.7.3 军用激光技术发展前景分析	354
7.7.4 激光武器主要关键技术	357
7.7.5 光电对抗对于光电器件发展需求	358
7.7.6 对相关光电子技术的需求	360
7.7.7 可调谐激光器的军事应用	361

第八章 军用光电技术与装备	364
8.1 概述	364
8.2 现代战争与军用光电装备	365
8.2.1 空战中使用的光电装备和光电制导武器	366
8.2.2 地面战中使用的光电装备	369
8.2.3 光电侦察系统在海湾战争中的应用	372
8.2.4 防空与空-地光电制导武器	374
8.2.5 新一代中远程对地攻击红外成像末制导武器	377
8.2.6 巡航导弹及其威胁分析	380
8.2.7 部分空-地武器相关参数	388
8.3 军用光电技术和装备发展现状与趋势	390
参考文献	399

第一章 光电对抗与军用光电技术概述

1.1 光电对抗技术概述

一、光电对抗技术简介

20 世纪 70 年代以来,随着光电技术的迅速发展,各种先进光电装备在高技术局部战争中日益广泛地使用,特别是在近 20 年来,由于多种军用光电武器与装备在情报侦察、夜间作战、远程空袭等作战行动中发挥了极其重要的作用,因此能够与之相抗衡的光电对抗技术也逐渐得到了各国军方更多地重视,开始走上加快发展的道路。

光电对抗 (electro - opticalwarfare) 是电子对抗的一个重要组成部分。光电对抗技术与雷达对抗技术、通信对抗技术共同构成电子对抗的三个基本技术领域。光电对抗技术是为削弱、破坏敌方光电装备的使用效能,以及防护己方光电设备使用性能所采取技术措施的总称。

光电对抗技术包括光电对抗侦察技术、光电干扰技术和光电防御技术,覆盖了从紫外、可见光到红外的全光谱波段(见图 1.1.1)。人们习惯上将其分为激光对抗、红外对抗和可见光对抗等技术领域。

光电对抗侦察技术是利用光电探测设备,获取敌方光电辐射源或目标辐射、反射光波信号的技术参数,对敌威胁源告警、定位与目标识别的技术,分为主动侦察和被动侦察两种类型。主动侦察是由侦察设备发射光波对目标进行侦察;被动侦察是依靠接收目标发射、辐射或反射的光波信号进行侦察。红外、激光与紫外被动侦察告警技术已经被广泛地应用于各种飞机、舰艇和坦克等武

器平台,以及导弹预警卫星,主要用于武器平台的自卫或战场光电对抗情报支援。

光电干扰技术是通过辐射、转发、发射或吸收光波能量,削弱

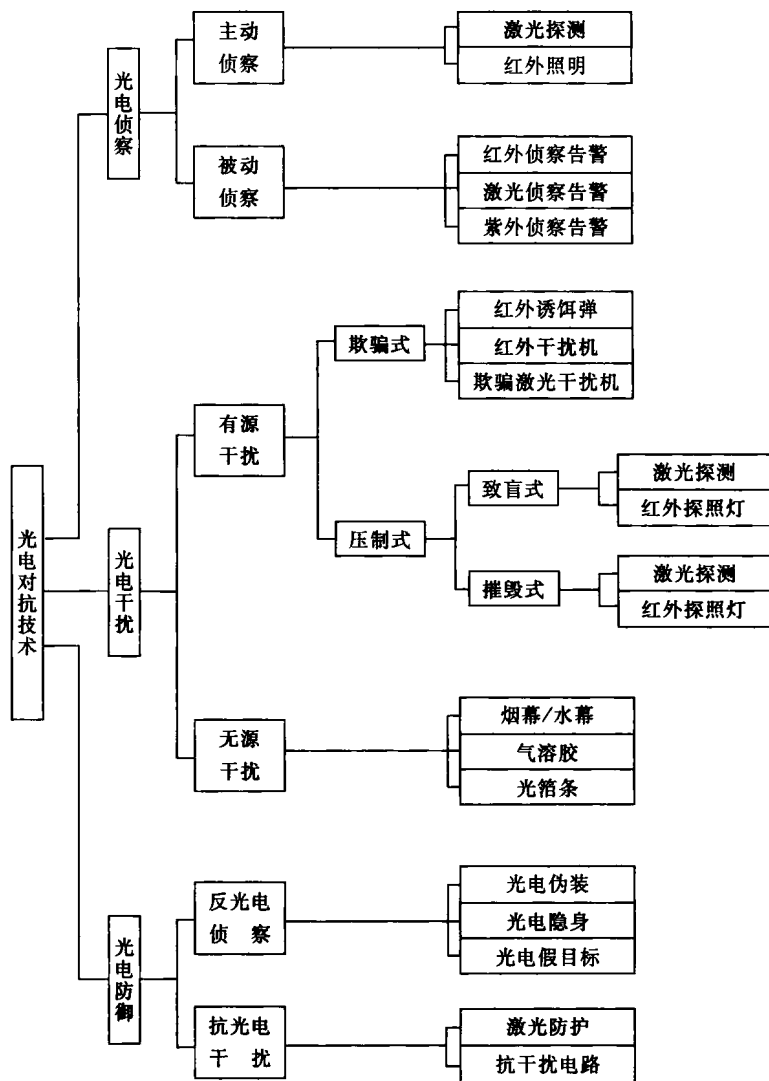


图 1.1.1 光电对抗技术分类

或破坏敌方光电设备使用性能的技术措施。通常分为光电有源干扰和光电无源干扰技术。有源干扰技术是利用光电干扰设备辐射或转发干扰光波,压制、致盲或欺骗敌方的光电制导武器或光电观瞄、跟踪等设备;无源干扰技术是利用一些本身不产生光波辐射的干扰材料或器材,散射、反射或吸收敌方光电设备发射的或目标辐射、反射的光波能量,迷茫、遮蔽或阻塞敌光电设备。激光致盲武器、激光干扰机、红外干扰机和红外诱饵弹等技术属于光电有源干扰技术范畴;宽波段烟幕、水幕和光箔条技术则为几种典型的光电无源干扰技术。

光电防御技术包括反光电侦察技术和抗光电干扰技术。反光电侦察是指针对敌方的光电侦察告警设备,利用光电伪装、示假或隐身等材料或器材,抑制己方目标光电辐射或反射,或降低目标与背景反差,使己方目标不被敌方发现或识别的技术;抗光电干扰是指在己方目标上,通过采取激光防护材料或器材、抗干扰电路及其他技术措施,衰减或滤除敌方发射的强激光或其他干扰光波,保护我光电设备或作战人员免遭干扰或损伤的技术。光电伪装遮障、迷彩服、光学假目标和激光防护眼镜等是技术最为成熟的几种光电防御器材。

光电对抗的发展大致经历了三个阶段。

20世纪50~60年代,随着空-空红外制导导弹的问世,采取欺骗干扰样式的红外诱饵弹和红外干扰机,以及遮蔽可见光观瞄设备的烟幕等技术得到优先发展。

70~80年代,由于激光、红外成像制导武器和光电侦察、火控系统的装备与使用,导弹来袭光电告警设备、激光致盲武器和防空激光对抗武器等一批激光对抗装备技术开始成熟并得以应用。

20世纪90年代以来,光电对抗技术在高技术局部战争,特别是在空间信息对抗中的应用前景,有力推动了机载红外/紫外告警、车载战术激光武器、地基/机载反卫星激光武器、新型宽波段烟幕系列装备和反空中光电侦察伪装等技术的加速发展。以反精确光电制导武器为代表的一些综合光电对抗系统开始装备部队。今

后一段时期内,光电对抗技术研究重点可能比较集中在以下几个方面:①抗虚警复合告警/被动定位光电自卫告警技术;②变波长高功率软硬兼备防空激光对抗技术;③大面积宽波段长留空光电无源干扰技术;④自适应长时效反空中光电侦察隐身伪装技术;⑤天基光电对抗攻击/防护与模拟仿真/评估技术。

可以预计,光电对抗技术将随着军用光电子技术,特别是精确光电制导武器与空间光电侦察/预警卫星的发展,在 21 世纪初期得到加速发展,并在未来高技术战争的信息攻防对抗中发挥更加重要的作用。

二、光电对抗典型装备与战场运用

在整个电子对抗装备的发展进程中,光电对抗装备较雷达对抗与通信对抗装备,不仅起步晚,而且装备的数量少、范围也小。其原因主要在于,光电对抗装备的主要作战对象——军用光电武器与光电设备本身的发展历史就短,而且投入战场使用的规模也远不如雷达与通信装备那样普遍。所以,光电对抗装备的发展直到 20 世纪 70 年代初以后,才在以美国为首的西方国家逐步得到重视,并开始了一些以飞机、坦克等机动平台自卫为主的光电告警与干扰装备的研制。但是,自 1991 年第一次海湾战争以来,由于精确光电制导武器与微光/红外夜视器材为实现昼夜作战与精确打击提供了重要的保障,并取得了举世瞩目的战果,因此,光电对抗装备在最近十几年来,取得了较快的发展,并在美国、俄罗斯与北约等国逐步扩大装备的品种与数量。

光电对抗装备的战场运用较光电装备还要少,这主要是因为历次的局部战争与冲突中,交战的双方在力量对比上过于悬殊。拥有先进光电武器的一方,同时也拥有着先进的光电对抗装备,而交战的另外一方则缺乏基本的光电设备,更谈不上拥有与之相抗衡的光电对抗手段。因此,光电对抗装备的战场运用尚未形成规模与显现其威力。

尽管如此,在第一次海湾战争中,从美军和其他北约国家运用的武器平台和战况分析,还是可以从看到一些光电对抗装备运