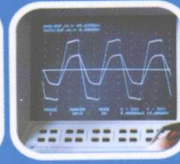
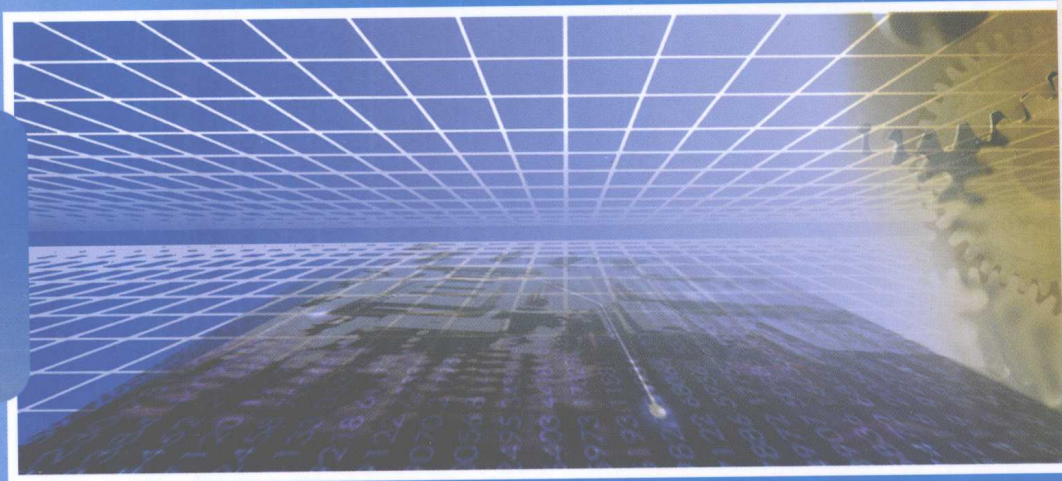




D-K-YT012-0D
空军航空机务系统教材

光电技术原理及应用

王海晏 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

D-K-YT012-0D

空军航空机务系统教材

光电技术原理及应用

王海晏 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书由红外与激光两部分组成,分别系统地介绍了红外物理、红外系统、激光原理和技术以及军用光电系统的原理和技术特点。内容包括红外辐射规律,辐射的大气传输与探测,典型红外系统的组成、工作原理,热成像系统,光电系统性能分析与仿真,激光原理,激光器与技术,军用激光装置原理及应用等。最后还简单介绍了光电对抗等内容。

鉴于红外、激光技术在军事方面所起的作用,尤其是在机载装备上的应用,书中的讲解理论与实际并重,定性、定量地分析了从相关原理的物理过程到实际系统的工作方式等内容,并应用工程软件对典型系统工作过程进行分析、计算。

全书涉及内容广泛,内容详细全面,在一定程度上反映了军事装备中用到的原理和技术。可作为光电技术及仪器、自动控制、导航、航空火力控制、导弹、雷达及对抗等专业的本科生和研究生使用,也可供物理电子学、光学工程等相关专业学生和技术人员作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

光电技术原理及应用 / 王海晏主编. —北京:国防工业出版社, 2008. 8

(空军航空机务系统教材)

ISBN 978 - 7 - 118 - 05422 - 4

I. 光... II. 王... III. 光电技术 - 教材 IV. TN2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002221 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)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 348 千字

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 40.00 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

总 序

发生在世纪之交的几场局部战争表明,脱胎于 20 世纪工业文明的机械化战争正在被迅猛发展的信息文明催生的信息化战争所取代。信息化战争的一个显著特点,就是知识和技术密集,战争的成败越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量和数量,以及人与武器的最佳配合。因此,作为人才培养基础工作的教材建设,就显得格外重要和十分紧迫。为了加快推进中国特色军事变革,贯彻执行军队人才战略工程规划,培养造就高素质新型航空机务人才,空军从 2003 年开始实施了航空机务系统教材体系工程。

实施航空机务系统教材体系工程是空军航空装备事业继往开来的大事,它是空军装备建设的一个重要组成部分,是航空装备保障人才培养的一个重要方面,也是体现空军航空装备技术保障水平的一个重要标志。两年来,空军航空机务系统近千名专家、教授和广大干部、教员积极参与教材编修工作,付出了艰辛的劳动,部分教材已经印发使用,效果显著。实践证明,实施教材体系工程,对于提高空军航空机务人才的现代科学文化水平和综合素质,进而提升航空机务保障力和战斗力,必将发挥重要作用和产生深远影响,是一项具有战略意义的工程。

空军航空机务系统教材体系工程,以邓小平理论和“三个代表”的重要思想为指导,以新时期军事战备方针为依据,以培养高素质新型航空机务人才为目标,着眼空军向攻防兼备型转变和航空装备发展需要,按照整体对应、系统配套、紧贴实际、适应发展,突出重点,解决急需的思路构建了一个较为完整的教材体系。教材体系的结构由部队、院校、训练机构教育训练教材三部分组成,分为航空机务军官教育训练教材和航空机务士兵教育训练教材两个系列十六个类别的教材组成。规划教材按照新编、修编、再版等不同方式组织编修。新编和修编的教材,充实了新技术、新装备的内容,吸收了近年来航空维修理论研究的新成果,对高技术战争条件下航空机务保障的特点和规律进行了有益探索,院校的专业训练教材与国家人才培养规格接轨并具有鲜明的军事特色,部队训练教材与总参颁布的《空军军事训练与考核大纲》配套,能够适应不同层次、不同专业航空机务人员的教育训练需要,教材的系统性、先进性、科学性、针对性和实践性与原有教材相比有了明显提高。

此次大规模教材编修工作,系统整理总结了空军航空机务事业创业 50 多年来的宝贵经验,将诸多专家、教授、骨干的学识见解和实践经验总结继承下来,优化了航空机务保障教材体系,为装备保障人员提供了一套系统、全面的教科书,满足了人才培养对教材的急需。全航空机务系统一定要认真学习新教材,使其真正发挥对航空机务工作的指导作用。

同时,教材建设又是一项学术性很强的工作,教材反映的学术理论内容是随实践的发展而发展的。当前我军建设正处在一个跨越式发展的历史关键时期,航空装备的飞速发展和空军作战样式的深刻变化,使航空机务人才培养呈现出许多新特点,给航空机务系统教材建设带来许多新问题。因此,必须十分关注航空装备的发展和航空机务教育训练的改革创新,不断发展和完善具有时代特征和我军特色的航空机务系统教材体系,为航空机务人才建设提供知识信息和开发智力资源。

魏 钢

二〇〇五年十二月

空军航空机务系统教材体系工程编委会

主 任 魏 钢

副主任 周 迈 毕雁翎 王凤银 袁 强 韩云涛

吴辉建 王洪国 王晓朝 常 远 蔡风震

李绍敏 李瑞迁 张凤鸣 张建华 许志良

委 员 刘千里 陆阿坤 李 明 郦 卫 沙云松

关相春 吴 鸿 朱小军 许家闻 夏利民

陈 涛 谢 军 严利华 高 俊 戴震球

王力军 曾庆阳 王培森 杜元海

空军航空机务系统教材体系工程总编审组

组 长 刘桂茂

副组长 刘千里 郦 卫 张凤鸣

成 员 孙海涛 陈廷楠 周志刚 杨 军 陈德煌

韩跃敏 谢先觉 高 虹 彭家荣 富 强

郭汉堂 呼万丰 童止戈 张 弘

空军航空机务系统教材体系工程
军械专业编审组

组 长 周志刚

成 员 查国云 刘应忠 杨 鸿 李建斌 那忠凯
王更辰 旷艾喜

前 言

本书是空军组织编写的“航空机务体系教材”之一的《光电技术原理及应用》课程教材,是编者在多年教学、科研积累的资料和经验的基础上编写的。为了知识的系统性和深入性,也为了适应军队装备发展的需要,书中内容分为红外和激光两部分,红外部分首先介绍红外物理基本概念,并相继介绍了目标辐射、辐射传输、辐射探测、红外系统原理等;激光部分首先介绍激光原理,并相继对激光的产生、控制、测量、传输、利用等进行了详细的描述。另外,为更好地使学生了解光电技术在军事上的应用,书中还大量介绍了有关装备的结构、技术特点、使用原理、发展趋势等,编写中力图反映光电技术的军事应用新进展。

本书可供光电技术及仪器、自动控制、导航、航空火力控制、导弹、雷达及对抗等专业的本科生和研究生使用,也可供物理电子学、光学工程等相关专业学生和技术人员作为参考。

本书在编写过程中参阅了大量文献,在此向文献作者表示感谢。由于编者水平有限,书中内容难免有不妥之处,望读者批评指正。

编 者
2007 年 10 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 光电技术概述	1
1.2 军用光电系统种类及应用	2
1.3 机载光电系统设备现状、特点及发展趋势	5
第2章 红外辐射规律及其探测	7
2.1 辐射的基本物理量及计算	7
2.1.1 基本辐射量	7
2.1.2 光谱辐射量	9
2.2 热辐射源的特点、定律及计算	9
2.2.1 辐射与物质的相互作用、基尔霍夫定律	10
2.2.2 黑体辐射定律	13
2.2.3 黑体辐射的计算	15
2.3 目标辐射及背景辐射	17
2.3.1 目标辐射	17
2.3.2 背景辐射	20
2.4 辐射的传输	21
2.4.1 大气层结构和组成	21
2.4.2 大气衰减	23
2.4.3 大气吸收	25
2.4.4 大气散射	26
2.4.5 大气透过率	30
2.4.6 能见距	30
2.4.7 大气折射	31
2.5 探测的理论及应用	32
2.5.1 聚焦扫描	32
2.5.2 探测转换	33
习题	46
第3章 红外系统的组成及应用	48
3.1 红外系统的研究内容、概念及基本结构	48
3.1.1 概述	48
3.1.2 红外系统的基本特性	49

3.1.3	红外装置的应用	49
3.1.4	红外系统的光学系统	49
3.2	红外调制及调制盘	52
3.2.1	红外调制	52
3.2.2	调制盘及其作用	52
3.2.3	目标测量的投影角原理	52
3.2.4	典型调制盘工作过程分析	53
3.2.5	其他类型的调制盘	55
3.2.6	空间滤波作用	57
3.3	目标方位探测系统	62
3.4	L形系统	63
3.4.1	目标与导弹位标器光轴的关系	63
3.4.2	误差信号的形成	64
3.4.3	抗干扰设计	67
3.5	扫描搜索系统	68
3.5.1	系统结构及工作原理	68
3.5.2	角度的测量——轴角编码盘	71
3.6	红外系统的致冷及作用距离	74
3.6.1	红外系统的致冷	74
3.6.2	红外系统的作用距离	75
3.7	光学成像系统的分辨力	81
习题		82
第4章	成像跟踪系统(面源目标)	84
4.1	光学系统技术参数及图像的获取	85
4.1.1	热成像系统概述	85
4.1.2	热成像系统技术参数	85
4.1.3	热成像系统及其工作原理	86
4.2	成像跟踪系统工作原理	92
4.3	对比度跟踪	93
4.4	相关跟踪	96
4.5	成像跟踪系统信号处理算法	97
4.5.1	灰度直方图	98
4.5.2	图像增强处理	98
4.6	成像跟踪系统信号处理技术	102
习题		104
第5章	光电系统性能分析及计算机仿真	105
5.1	目标辐射	105

5.1.1	目标模型简介	105
5.1.2	理论分析	105
5.1.3	实例应用	107
5.2	红外辐射的大气传输模拟	108
5.3	探测器性能分析	112
第6章	激光的产生及特性	114
6.1	激光的基本原理	114
6.1.1	辐射产生的基本原理	114
6.1.2	辐射与吸收之间的关系	116
6.2	介质中粒子数反转与增益光的模式	118
6.2.1	能实现粒子数反转的性质	118
6.2.2	光的增益	120
6.2.3	光模式	121
6.3	谐振腔及阈值条件	122
6.3.1	常用光学谐振腔	123
6.3.2	光学谐振腔的稳定性	123
6.3.3	激光的纵模	124
6.3.4	激光的横模	125
6.3.5	阈值条件	126
6.4	激光器的工作状态及输出功率	129
6.4.1	工作状态的建立	129
6.4.2	输出功率	132
习题		134
第7章	激光器及激光技术	136
7.1	激光器	136
7.1.1	气体激光器	136
7.1.2	固体激光器	138
7.1.3	半导体激光器	140
7.1.4	二极管泵浦固体激光器	145
7.2	激光单元技术	148
7.2.1	激光选模技术	148
7.2.2	Q 开关技术	151
7.2.3	锁模技术	156
7.2.4	激光调制及偏转技术	161
7.3	激光参数及测量	167
7.3.1	激光束的时间和空间特性	167
7.3.2	能量参数的测量	169

7.3.3	激光波长的测量	172
7.3.4	激光脉冲的宽度和光束参数的测量	173
7.4	激光传输及控制	174
7.4.1	大气湍流效应	174
7.4.2	大气湍流特性	174
7.4.3	大气湍流的激光传输效应	175
7.5	大气热晕效应	177
7.6	斜程衰减	178
7.7	光束控制系统	180
7.7.1	概述	180
7.7.2	捕获、跟踪、瞄准的基本概念及工作过程	181
7.8	激光探测技术	185
	习题	187
第8章	军用激光装置原理及应用	188
8.1	激光测距	188
8.1.1	激光测距的分类	188
8.1.2	激光测距的基本原理	188
8.2	脉冲式激光测距系统	189
8.2.1	脉冲式激光测距系统的基本组成	189
8.2.2	激光发射部分	191
8.2.3	激光接收部分	193
8.2.4	信息处理部分	196
8.3	激光制导武器	199
8.3.1	激光制导武器的导引方式	199
8.3.2	半主动式激光制导	201
8.3.3	驾束式激光制导	202
8.3.4	视线指令式激光制导	205
8.4	激光雷达	207
8.4.1	激光雷达的类型	208
8.4.2	激光雷达的基本构成	209
8.4.3	用于武器火控的激光雷达	210
8.4.4	用于跟踪识别的激光雷达系统	210
8.4.5	光学相控阵雷达系统	212
8.5	激光陀螺及导航	212
8.5.1	萨格奈克效应	213
8.5.2	激光陀螺	213
8.5.3	光纤陀螺	214

8.6 激光能量武器	215
8.7 战术使用	217
习题	219
第9章 光电对抗技术简介	220
9.1 光电对抗基本概念及技术内容	220
9.2 光电对抗在现代战争中的作用	221
9.3 作战飞机主要使用的光电干扰技术	222
参考文献	223

第 1 章 概 论

1.1 光电技术概述

光电技术是以激光、红外、微电子技术为基础,由光学、电子、精密机械和计算机技术相结合而形成的一个高新技术领域。近几十年来,这一新技术得到了长足的进步与发展,已形成多种军用光电装备,广泛用于侦察、火控、制导、遥感、预警、导航、通信、训练模拟及光电对抗等领域。应用光电技术构成的各式光电探测器、光电传感器在现代战争中显示了强大的威力,由激光、红外、电视等光电传感器构成的光电火控系统在电子对抗中发挥越来越大的作用。目前,世界各先进的火控系统几乎都配有光电系统。从空军用的光电制导平台和吊舱、地炮和高炮的光电坐标仪、坦克的夜视瞄准具到海军用的光电反导系统,它们都是现代战争的宠儿。

红外技术是一项既古老又年轻的技术。200 多年前人们就发现了红外线的存在。1800 年,英国科学家赫歇耳用分光办法把可见光展开成七色光,并把各色光分别照在温度计上,发现在红光外依然有可以使温度计温度升高的部分,而且升得更快;红外一词的由来也源于此,意即在红光以外的辐射。利用这一点做成的红外加温装置是众所周知的,如工业用红外烤炉、红外加温箱、医用红外治疗机等。红外技术在军事上的应用是在人们发现各种物质都能发射红外辐射以后才开始的。19 世纪末,科学家们对红外辐射的性质认识更加透彻,著名的斯忒藩—玻耳兹曼定律和维恩位移定律相继问世。红外在军事上的应用促进了红外光谱学、红外大气光学以及各种敏感红外的元件、材料的发展。红外技术是一门年轻的技术,是由于近 20 多年来一直围绕红外应用的各种元器件、材料,特别是半导体工艺、微电子学近年来的迅猛发展,大大促进了红外技术的应用。红外技术在军事上的应用由简单的红外探测定向发展成了各式红外热成像仪器,应用范围从航天到海、陆、空三军。红外寻的头是精确制导武器关键的目标传感装置。随着红外热成像仪器——光机扫描器的进一步小型化和红外焦平面阵列器件的进一步成熟,红外目标寻的头的性能将进一步提高,将具有对目标成像、识别功能,从而实现了发射后不管。红外热像仪作为侦察、跟踪仪器,可以在夜晚如同白昼一样进行观察。

激光技术是军用光电技术基础技术之一。自 20 世纪 60 年代初美国梅曼(T. H. Maiman)实现了第一台红宝石激光器运转以来,由于激光本身所具有的高单色亮度、高能量密度、高方向性,因而引起了军方的极大注意,在很短的时间内就开发出了军用激光测距机。自那时开始,40 多年来,随着激光技术的不断进步,激光技术在军品、民品的应用得到了极大的发展。激光在工业上用于切割、打孔、焊接、热处理、打标志、激光唱视盘、机器控制、隧道内指向定位,在医用上作为手术刀、各种治疗机,在国外已形成了激光产业。军事上最成功的应用是侦察、火力控制上用的激光测距机,各国开发出军用激光测距机不下百种。激光制导技术不论是激光驾束制导还是激光半主动寻的制导,在反坦克导弹、空地导弹、地空导弹、航空炸弹、炮射导弹上都有成功的应用。激光制导是光电制导技术中一项重要的制导方式,也是激光在军事上成功应用的例证之一,各军事强国都在积极地进行激光制导兵器的研究。激光作为高能量密

度的单色光源又用来开发成激光致盲枪及激光软杀伤武器。激光的其他军事应用,如激光成像雷达、激光监听、激光在战略武器上的应用等,都将随着不断涌现的激光新材料、新型激光器及其相关技术的不断进步而被开发出来。例如,激光测距机将随着喇曼频移激光器及铟、钛等激光器技术的成熟成为对人眼安全的激光测距机,并随着二极管泵浦的 YAG 激光器研制成功将更加小型化,性能将会更高,板条激光器及其他先进构型的激光器将为激光武器提供光束质量更好的激光源。激光在军事上的应用正不断地被人们开发出来。

本书共分 9 章,主要介绍光电技术的基础知识、基本原理、关键技术和机载光电设备原理、结构、使用原理、战术使用方法,限于篇幅,本书未对微光夜视技术作介绍。随着计算机技术的发展,各种模拟仿真方法也能够胜任不同系统、各种状态的模拟。在红外、激光两部分内容分别介绍完后,应用仿真方法再现一些典型的激光、红外过程,可以使读者对这些过程有一个动态的认识。其中,许多过程应用 MATLAB 的 SIMULINK 编制,可以灵活地改变参数,模拟不同的变化。

1.2 军用光电系统种类及应用

军用光电系统种类非常多,按照不同的功能主要可以分成以下几类:

1. 夜视系统

夜视系统主要包括主动红外夜视和微光夜视系统两类。

(1) 主动红外夜视系统需自带近红外探照灯,被照“明”目标反射的红外光经光学系统成像在变像管的光电阴极上,再经变像管转换,由其荧光屏上输出可见的目标像,人眼通过目镜进行直接观察。这种观察对人眼来说是隐蔽的。其作用距离除取决于变像管和光学系统的特性外,还与红外探照灯辐射的与变像管光电阴极光谱特性相匹配的红外光的功率密切相关。其观察距离约 1km。这种系统的优点是对比度好、可识别某些伪装;缺点是当对方也有这类系统时,红外灯源极易被对方发现,发现距离约为观察距离的 3 倍。

(2) 微光夜视系统的工作依赖于夜间非月光的夜间可见光波段光辐射,利用像增强器配以光学系统实现直接观察。这类系统的观察距离通常为 0.75km ~ 1.5km。当采用大口径大相对孔径的光学系统时,作用距离可达数千米,海上可达 10km 以上。这种系统的优点是被动工作,隐蔽性好;缺点是对比度较差,受天空情况变化的影响较大。

以上两种系统无专门的选通技术配合时,都不能在雾天、甚至薄雾条件下工作。

2. 红外热成像系统

红外热成像系统的工作依赖于目标自身的热平衡辐射,主要工作波段为中、远红外的两个大气窗口,即 $3\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 和 $8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ 。它是以完全被动的方式工作,通常认为 $3\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 波段的热成像系统,可通过薄雾及烟尘观察目标;而 $8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ 的热成像系统,可通过中等雾和烟尘观察目标。由于探测器技术、致冷技术、红外光学系统以及电子技术的发展,使热成像系统发展到了相当高的水平,已为各军种中各种装备上所配备。如一些国外的通用组件热像仪,在视场为 $3.4^\circ \times 6.8^\circ$ 时,分辨角达 0.5mrad;而视场为 $1.1^\circ \times 2.2^\circ$ 时,分辨角可达 0.167mrad。它们的最小分辨温差都可在 0.3°C 左右。光电成像系统开始只用于一般的观瞄系统,目前已成为各类军用光电系统的重要组成部分,由于它们的引入也使各类系统的性能有了很大的提高。

3. 光电火控系统

光电火控系统是以光电的方式实现高命中率的火力控制系统,它是建立在光电技术和计算机技术基础上的新型火控系统,也是各种火控领域的一大重要分支。通常要求火控系统应具有如下功能:

- (1) 完全被动地、高分辨力地对目标实现探测、跟踪、识别和精密测距。
- (2) 良好的抗电磁干扰的性能,以及具有对抗和反对抗的功能。
- (3) 具有目标外形姿态、弹体轨迹的直接观察和显示功能,具有弹体脱靶量测量及校正功能。
- (4) 能全天候地进行工作。

以上是一般要求,在目前的火控系统中,有些功能还不能实现。目前光电火控系统的组成,有的单纯采用各种光电传感器;有的是光电兼用雷达等传感器组合;它们可以是独立的火控系统,也可以是大型火控系统的一部分。在该系统中用于捕获、识别、监视或跟踪目标的传感器,常采用电视、微光电视或红外热像仪等;而用于测距的多为激光测距系统;用于图像及信号处理的是火控计算机。

4. 激光测距

由于光电系统一般不能测距,因此激光测距成为需要测距的光电系统的重要设备。最常用的固体激光测距机是掺钕钇铝石榴石 Nd:YAG,激光波长为 $1.06\mu\text{m}$,测程达 15km 以上。中、近红外激光测距机的工作波段为 $1.5\mu\text{m} \sim 2.1\mu\text{m}$,其优点是对人眼安全,有一定的穿透硝烟的能力。常用的有 Er:YLF 激光测距机,工作波长为 $1.73\mu\text{m}$,脉冲能量为 30mJ,6 次/min; Ho:YLF 激光测距机,工作波长为 $2.06\mu\text{m}$,脉冲能量为 20mJ,脉冲频率 1Hz;喇曼频移 YAG 激光测距机,工作波长为 $1.54\mu\text{m}$,30 次/min。远红外激光测距机主要是 CO_2 测距器,工作波长 $10.6\mu\text{m}$,对人眼安全,且具有强的穿透烟雾的能力,其波段还可与热像系统兼容。

5. 激光通信

激光通信主要应用在大气通信、光纤通信和对潜通信等方面。这里介绍对潜通信和激光探潜的有关情况。对潜通信主要是实现飞机与潜艇之间的通信联系。由于海水对光辐射的远洋窗口在 $0.47\mu\text{m}$ 左右,对大陆架的窗口在 $0.54\mu\text{m}$ 左右,因此这种通信又叫做蓝绿光通信。目前多用 YAG 激光器,经倍频输出激光波长为 $0.53\mu\text{m}$ 。海水对该波长激光的损耗约为 1dB/m,即每在海水中传输 1m 约损失输入功率的 20%。目前对潜通信可深入海面以下百米左右。由于潜艇在海下的确切位置未知,通常需对海面形成直径达数千米的光斑,为能使艇上的接收机及时接收到信号,通常要求大于 30° 的接收角。

蓝绿光对潜通信目前尚待解决的主要问题有:

- (1) 双向通信中,潜对空的通信问题。
- (2) 小型大功率激光器,由于这种通信中绝大部分的激光功率将损失,只有极小一部分信号为探测器接收,属微信号接收的情况。于是要求有足够大功率的激光器,同时因需机载,整体设备又不允许太大,并希望工作波段在 $0.48\mu\text{m} \pm 0.03\mu\text{m}$ 范围中,使之与海水窗口匹配。
- (3) 高灵敏度低噪声的探测器,基于上述的同样理由,可供探测器接收的功率十分有限,为获较好的信噪比,需有极高性能的探测器。
- (4) 为尽可能防止阳光等非信号光源对通信光束的干扰,需有与激光光谱相一致的窄带滤光片。

6. 光电制导技术

光电制导技术是目前应用光电技术于军事装备中,发展最快、种类最多、且最为活跃的领域。光电制导技术的任务是使攻击性武器完成对待袭击目标的跟踪或“寻的”的作用,也可以说是把视觉和控制功能延伸到弹体上。光电制导的主要对象是导弹、炮弹和炸弹等。它们的运动规律不同,其制导方式也有所不同。导弹是从载体的速度开始加速,如地空导弹是从零速度开始加速的;炮弹从炮膛中射出时速度最大,其后按斜抛物体方式运动,水平速度受阻力而迅减;炸弹在垂直方向上的运动将按自由落体的方式运动。光电制导的主要优点是:光辐射波长比微波波长短,按衍射限估计应具有较高的分辨能力,从而提高制导精度。如激光制导炸弹的落点误差为 $1\text{m} \sim 3\text{m}$ 。而激光制导的炮弹,其落点散布范围的均方根偏差可小于 1m ,这是任何其他技术所无法达到的水平。光电制导中的“热”制导技术,不仅可以精确攻击飞机、直升机或来袭弹等“热”目标,也可针对常温下辐射差很小的“冷”目标,如表观温度不到 1°C 的目标;光电方法与现代计算机技术配合,可向自动化、智能化方向发展,其性能高并有很大的潜在能力。光电制导技术可按不同的方式进行分类,按工作波段可分为可见光与红外两类;按工作方式可分为主动式和被动式;按信息形式可分为非成像制导和成像制导;按使用方法可分为发射前锁定目标和发射后通过指令线锁定目标等。

(1) 非成像红外制导技术 这类制导的目标通常为机动目标上的高温热源,如飞机的尾喷口和尾焰等,并以此为点目标来处理。将红外导引系统安装在导弹上,导弹发射前对目标进行大致瞄准,使目标在导弹可捕获的范围内即可发射,发射后利用红外位标检测系统,测定导弹轴线与目标间的偏角误差信号,以此控制导弹方位修正,进而击中目标。

(2) 热成像制导技术 该制导装备主要由热像仪与计算机组成。将热像探测头置于弹头,飞行中将目标信息送回发射处,由射手判断控制导弹跟踪目标,使之精确打击目标。有的将热像探头与计算机一起置于弹头,飞行中自行图像处理和决策,按预先锁定的目标进行形心跟踪或自相关跟踪,这是目前最高形式的制导方式。

(3) 激光制导技术 主要有两类:半主动“寻的”制导和波束制导。

① 半主动“寻的”制导 可用于制导导弹、炮弹和炸弹。将激光束照射在待袭目标上形成激光斑,并以此斑点为目标。导弹上带有导引头,导引弹丸直接飞向光斑击中目标。激光目标投射器可置于不同地点。目前有手持、车载和舰载等多种投射器。其中激光器用得最多的是 $1.06\mu\text{m}$ 的YAG和很受重视的 $10.6\mu\text{m}$ 的 CO_2 激光器。

② 波束制导 是由制导站的激光发射系统向待袭目标发出经空间调制编码的激光束,光束主轴对准目标,被制导导弹在激光束中向目标飞行,飞行中接收编码的激光信号,不断测定自身的空间位置与光束轴的偏差,通过弹内控制系统不断修正飞行路线,最后击中目标。光电探测器装在导弹尾部,在弹体保护下具有较强的抗干扰能力。该制导方式可用于地地、地空等导引系统中。

(4) 光纤制导技术 只是用光纤作为导弹与射手间的通信连线。采用光纤代替金属线的好处在于:

① 光纤通信的频带极宽,所能传递的信息容量大,只有用光纤代替金属线才能完成成像制导所需的大容量信息传送。

② 抗电磁干扰的能力强,保密性好。

③ 质量小、价格低。如具有65000像元的CCD红外寻的头,采用光纤制导,使用时导弹垂