

普通高等教育“九五”国家级重点教材

现代军用光学技术

■ 王永仲 编著



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“九五”国家级重点教材

现代军用光学技术

王永仲 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书深入浅出地阐述了现代光学技术在军事领域中的应用,其中包括:视觉理论与图像技术、军用光学仪器概论与系统、微光夜视技术、红外技术、激光技术、光电对抗理论与技术、综合光电技术等。内容涉及原理、器件、方案设计、装备分析、技术难点、最新成果及发展动态。

本书可供光学工程专业的研究生、本科生、高等学校教师、该领域的工程师及从事此类武器装备方案论证、研制管理和试验鉴定工作的科技人员阅读,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代军用光学技术/王永仲编著. —北京:科学出版社,2003

(普通高等教育“九五”国家级重点教材)

ISBN 7-03-010369-6

I. 现… II. 王… III. 军用光学仪器-军事技术 IV. E933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 026232 号

责任编辑:马长芳/责任校对:柏连海

责任印制:刘秀平/封面设计:华 云

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2003年1月第一次印刷 印张:30 1/4

印数:1—2 500 字数:596 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

我在军用光学工程领域学习、工作凡 40 年,其中所谓“工作”,也只是“学”着“干”,“干”着“学”。在此期间,我深感光学技术对战争、装备、军事、国防的重要影响。它甚至改变了人们关于战争的许多传统观念,大大扩展了作战的时域、空域和频域,使战场信息探测、传输、处理和利用技术面目一新。光学制导技术使精确打击武器成为现代战争舞台上的表演“明星”,以光学技术为标志的“杀手锏”武器将表现出惊人的威慑力……

毋庸置疑,作为当代武器装备效能和国家军事实力的倍增器,军用光学技术将占据越来越显赫的地位,起着越来越突出的作用。

现代军用光学技术的发展日新月异,并广泛涉及军用光学仪器、微光夜视技术、红外技术、激光技术、光电对抗技术、光电综合应用技术、视觉与信息提取技术等诸多方面,而综合介绍这些技术及其最新进展的书籍目前还不多。毫无疑问,该专业领域的科技人员和青年学者迫切需要这些方面的知识;长期在工程技术第一线的同行也需要为更新知识而“充电”;而那些从事相关专业工作和研究的技术人员可能没有更多时间浏览众多文献,以掌握发展动态。我想为他们尽微薄之力,于是不揣冒昧,斗胆捧出此书,希望对他们有点帮助。

全书共八章。第一章是绪论。第二章重点讨论与军用光电装备、目标探测及图像信息处理密切相关的人眼视觉特性。第三章重点介绍军用光电装备常用的几种特定光学元件、激光光束变换系统和纤维光学系统。第四~七章是全书的重点,从原理、器件、系统、性能分析、方案设计、装备实例、技术发展等诸多层面分别阐述微光夜视技术、军用红外技术、军用激光技术和光电对抗技术;并特别介绍了国际上的最新成果和例证。其中,光电对抗在现代战争中的重要作用已为世人瞩目,而一般同类书籍甚少述及,故本书予以重点论述。这里包含了王晓博士的大量工作。第八章以战场信息获取为主线,讨论了几种重要的光电综合应用技术。其中相干光学处理是很有前景的军用技术,故特别介绍了美国近期的新成果、新动向。

突出“现代”,突出“军用”,这是作者追求的目标,故本书力图尽可能多地为读者提供信息、素材和思路。

在原书稿初具成样时,承蒙教育部将此书评为“九五”国家级重点教材,这就加重了它的社会责任。于是,作者又按要求对其做了全面修改与补充,以提高本书的新颖性、可读性。其中对新动态、新信息的增补一直延续至现稿付梓,这使本书的写作持续了六年,出版也相应推后,特此致歉。

我酷爱光学工程专业,为研究生、本科生讲授专业课逾 20 年;又曾参加有关装

备论证、设计、制造、检校和外场试验;1995 年在美国罗切斯特理工大学的学习、工作为我拓展了信息通道,这些都为本书的写作奠定了基础。然而,“基础”并不代表水平。限于自己的学识和能力,本书必有因“一孔之见”带来的错讹,请读者斧正。

北京理工大学周立伟院士、国防科技大学高伯龙院士为指导作者付出了辛勤的劳动,他们的教诲令我终生受益。

感谢母国光、苏定强、姚建铨、薛鸣球、姜文汉、黄尚廉、庄松林、苏君红、李德仁、方家熊、凌永顺、赵伊君、刘尚合、徐大雄、董太和等院士和权威专家的多方指导与支持!感谢教育部聘请的“九五”国家级重点教材评审专家。

感谢军械工程学院、国防科技大学各级首长的培养、教育与关怀!感谢北京理工大学老师的指导与培育!感谢各位同事和朋友!

今年是家母逝世 40 年,家父作古 10 周年,我谨以此书寄托哀思与怀念。

王永仲

2001 年 10 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 军用光学技术与装备	(2)
1.3 军用光学技术与现代战争	(6)
1.4 军用光学技术的基础与发展	(8)
第二章 人眼视觉与图像	(12)
2.1 人眼的基本结构	(12)
2.2 人眼的光学特性	(13)
2.3 人眼视觉的一般特性	(16)
2.4 人眼对目标的观察与 Johnson 准则	(20)
2.5 在微光下的视觉	(22)
2.6 立体视觉与空间深度感	(22)
2.7 颜色视觉	(26)
2.8 图像与视觉	(32)
第三章 军用光学仪器及其光学系统	(36)
3.1 军用光学仪器概论	(36)
3.2 起特定作用的光学元件	(38)
3.3 实施激光束变换的光学系统	(45)
3.4 纤维光学系统基础	(50)
第四章 微光夜视技术	(59)
4.1 简介	(59)
4.2 夜天辐射基础	(60)
4.3 微光夜视仪概论	(66)
4.4 第一代微光夜视仪	(68)
4.5 第二代微光夜视仪	(74)
4.6 第三代微光夜视仪	(81)
4.7 微光夜视仪的静态性能	(85)
4.8 微光夜视仪的总体设计与视距估算	(92)
4.9 微光电视	(98)
4.10 电真空微光摄像器件	(101)
4.11 CCD 微光摄像器件	(115)

4.12	微光电视系统的静态性能	(127)
4.13	微光电视系统的视距	(134)
第五章	军用红外技术	(139)
5.1	概述	(139)
5.2	红外探测器	(141)
5.3	主动红外夜视仪	(168)
5.4	热像仪	(173)
5.5	搜索侦察与预警系统	(206)
5.6	“点”源跟踪与制导系统	(224)
5.7	成像跟踪与制导系统	(258)
5.8	红外系统的作用距离	(273)
第六章	军用激光技术	(283)
6.1	激光测距技术	(284)
6.2	激光雷达与激光跟踪技术	(296)
6.3	激光通信	(311)
6.4	激光目标指示器	(318)
6.5	激光制导技术概论	(323)
6.6	半主动式激光制导	(328)
6.7	驾束式激光制导	(336)
6.8	视线指令式激光制导	(343)
6.9	激光陀螺	(348)
6.10	激光武器概论	(355)
6.11	攻击人身的激光武器	(358)
6.12	反传感器激光武器	(364)
6.13	反导弹激光武器	(368)
6.14	反卫星激光武器	(374)
第七章	光电对抗技术	(380)
7.1	光电对抗简介	(380)
7.2	激光侦察告警技术	(383)
7.3	红外侦察告警技术	(396)
7.4	紫外侦察告警技术	(405)
7.5	复合光电侦察告警技术	(410)
7.6	欺骗式激光干扰技术	(413)
7.7	红外干扰机技术	(416)
7.8	红外诱饵技术	(422)
7.9	烟雾类无源干扰技术	(430)

7.10	光电无源干扰的试验技术	(435)
7.11	光电假目标技术	(443)
7.12	光电隐身与伪装技术	(447)
第八章	光电综合应用技术	(455)
8.1	光学遥感技术.....	(455)
8.2	光电火力控制技术.....	(458)
8.3	光学跟踪测量技术.....	(461)
8.4	军用相干光学技术.....	(464)
参考文献		(472)

第一章 绪 论

1.1 概 述

光学技术以光波为基本信息载体,通过对光波的控制、接收、变换、处理、显示等技术手段,获取所需要的信息,达到预期的目的。

根据文献[1],我们把应用于军事领域的光学技术统称为军用光学技术。

光波在电磁波谱中占有较宽的波段范围,通常认为其波长分布在 $0.01 \sim 1000\mu\text{m}$,也就是常说的从紫外区到可见区直至红外区的三个子区间的总体。其中,可见光只是波长在 $0.38 \sim 0.76\mu\text{m}$ 的光波,显然是很窄的一部分。

军用光学技术主要研究光的产生、传播、探测、处理、与物质相互作用等过程及其在军事上的应用。它以光学和光电子学为理论基础,把光学、精密机械、光电子、电子和计算机等技术结合起来,形成了一门古老而新兴的综合技术,成为现代军事技术的重要组成部分。

毫无疑问,军用光学技术的水平首先表现在军用光学装备上。历史上,军用光学装备的发展大体经历了两个阶段。

第一阶段在 17 世纪中叶至 20 世纪 40 年代。当时的军用光学装备多为光学机械式仪器,如简单的望远镜、照相机、瞄准镜、方向盘、炮队镜;后来又发明了光学测距仪,在炮兵中广为应用。第二次世界大战中,多种光学装备用于战地观察、瞄准、测量、摄影;而采用电光源照明、电力传动等技术的光学装备,成为光-机-电初步结合的雏形。这一时期称为光学机械式仪器时期。

第二阶段从 20 世纪 50 年代开始。由于红外、微光、激光等光电子技术的发展,主动红外夜视仪、红外制导空-空导弹、微光夜视仪、激光测距机等先后装备部队。70 年代以来,红外技术、激光技术与电子技术结合,研制出红外热像仪、激光制导武器、光学遥感设备、激光通信器材等,显著提高了作战效能。这就是军用光学装备的光电子仪器时期。

近年来,由于光电子技术的飞速发展和图像处理技术的广泛应用,加之计算机技术的迅猛普及,军用光学装备正以崭新的面貌跻身于先进武器装备的行列,成为一个国家军事实力的显著标志。

新中国军用光学技术的发展是从光学玻璃的生产开始的,继而开展了普通军用光学仪器的研制。20 世纪 50 年代后期开展了红外变像管、微光像增强器等光电器件研究;60 年代已自行生产光学玻璃和光学仪器,研制出主动红外夜视仪、第一代微光夜视仪、高速摄影机、大型电影经纬仪;70 年代研制了多种激光测

距机, 红外制导、跟踪及红外遥感技术得到实际应用; 80 年代以来, 第二代微光夜视仪、红外制导和光纤通信技术被广泛应用, 光电经纬仪、高速摄影机等靶场光测设备达到世界先进水平。

当前, 光电探测技术已接近光子探测的极限水平; 光电成像技术开拓了二维高密度及随时间变化的三维信息源, 促成了人类视觉的光谱延伸、阈值扩展和时间暂留改变, 综合光电技术的发展将使军用光学装备性能更上一层楼。

1.2 军用光学技术与装备

为阐述方便, 通常按工作原理和技术发展把军用光学技术分为六大类, 即光学仪器、微光夜视技术、红外技术、激光技术、光电综合应用技术、光电对抗技术(下述“一”~“五”取自文献[1])。

一、光学仪器

光学仪器主要指用于可见光波段范围内, 不经过光电转换的普通光学仪器。它们在军事上应用最早, 技术比较成熟, 有扩大和延伸人的视觉、发现人眼看不清或看不见的目标、测定目标的位置和对目标瞄准等功能。通常可分为观测仪器和摄影测量仪器两大类。前者是以人眼作为光信息接收器, 后者用感光胶片记录景物信息。普通光学仪器主要由光学系统(物镜、转像镜、分划镜、目镜等)、镜筒和精密机械零部件等组成。观察测量仪器的光学系统主要是望远系统, 它能放大视角, 使人看清远方的景物, 便于测量和瞄准。摄影仪器的光学系统主要是照像物镜, 为了适应不同的使用要求, 发展了大口径、长焦距、变焦距等多种镜头。军用可见光仪器主要有望远镜、炮队镜、方向盘、潜望镜、瞄准镜、测距机、经纬仪、照相机、判读仪等。尽管从 20 世纪 50 年代以来, 出现了红外、微光、激光等技术先进的光电子仪器, 但普通光学仪器具有结构简单、使用方便和成本较低等优点, 仍然是武器装备配套的重要组成部分。

二、微光夜视技术

它在可见光和近红外波段内, 将微弱的光场分布转变为人眼可见的图像, 扩展人眼在低照度下的视觉能力。微光夜视仪器可分为直接和间接观察两种。前者叫微光夜视仪, 由物镜、像增强器、目镜和电源、机械部件等组成。人眼通过目镜观察像增强器荧光屏上的景物图像, 已广泛用于夜间侦察、瞄准、驾驶等。后者叫微光电视, 其物镜、微光摄像器件组成微光电视摄像机, 通过无线或有线传输, 在接收显示装置上获得景物的图像, 可用于夜间侦察和火控系统等。

微光夜视技术的核心是像增强器和微光摄像器件。20 世纪 70 年代研制出采用微通道板像增强器的第二代微光夜视仪, 已大量装备部队, 在夜战中发挥了重要作用。80 年代研制出采用负电子亲和势光电阴极像增强器的第三代微光夜视仪, 光谱响应延伸到近红外波段。60 年代研制出的电子轰击硅靶摄像管和 70 年代发

展的碲化锌镉摄像管,它们与像增强器耦合做成微光摄像管,基本满足微光电视的要求。电荷耦合器件探测灵敏度的提高,使之有可能用作微光图像传感和信号处理器,与固体发光器件作成的平板显示器相配合,将出现一种全新的微光像增强器,使微光夜视仪器的性能大大提高,在军事上得到更广泛的应用。

三、红外技术

由于温度高于绝对零度的所有物体都有红外辐射,为探测和识别目标提供了客观基础,因而红外技术在军事上得到广泛应用。红外系统的工作方式有主动式和被动式。主动式红外系统是用红外光源照射目标,仪器接收目标反射的红外辐射而工作。由于它易暴露自己,应用范围正在缩小,逐渐为被动式微光夜视仪和热像仪所取代。被动式红外系统接收目标自身发射或反射其他光源(如日光)的红外辐射,隐蔽性好,是军用红外系统的主要工作方式。被动式红外系统一般由光学系统、调制扫描器、红外探测器、信号处理和显示器等部分组成。红外探测器是核心部件,红外多元探测器、特别是红外焦平面器件是研究发展的重点。

为了满足军事应用的需要,主要发展了以下3项红外技术:

1. 红外跟踪和制导技术

它有点源跟踪制导和成像跟踪制导两种工作方式。点源跟踪制导是把目标看作一个点光源,目标的红外辐射由光学系统和红外探测器接收,变为调制编码的电信号,经信息处理后使仪器自动跟踪或引导导弹飞向目标。点源跟踪制导是现有红外跟踪测量设备和战术导弹制导的主要工作方式。成像跟踪制导是通过光机扫描(或电扫描)和多元探测器获取目标的图像信息,经信息处理和鉴别,自动跟踪和打击目标,是正在发展的制导方式。

2. 红外夜视技术

被动式红外热像仪是发展重点。美、英、法等国家已研制出采用多元碲镉汞探测器的通用组件热像仪;选用不同的组件可组装成所需的热像仪。

3. 红外遥感技术

机载或星载的红外侦察系统通过一维扫描和载体运动获取景物的二维红外图像信息,并记录在胶片或磁带上,供事后处理;也可实时传输到地面。星载红外预警系统主要用于探测弹道导弹,为反导防御系统提供预警信息。正在发展的红外焦平面技术,可不用光机扫描,这将使红外系统小型化、智能化。

四、激光技术

激光具有单色性好、方向性强、亮度高等特点。现已发现的激光工作物质有几千种,波长范围从软X射线到远红外。激光技术的核心是激光器。激光器可按工作物质、激励方式、运转方式、工作波长等不同方法分类。根据不同的使用要求,常采取一些专门技术提高输出激光的光束质量和单项技术指标。比较广泛应用的单元技术有共振腔设计与选模、倍频、调谐、Q开关、锁模、稳频和放大技术等。为满足军用需要,主要发展了以下5项激光技术:

1. 激光测距技术

它是在军事上最先得到实际应用的激光技术。20 世纪 60 年代末, 激光测距仪开始装备部队, 现已研制生产出多种类型, 大都采用钕铝石榴石激光器, 测距精度约为 $\pm 5\text{m}$ 。由于它能迅速准确地测出目标距离, 所以广泛用于侦察测量和武器火控系统。

2. 激光制导技术

激光制导武器精度高、结构比较简单、不易受电磁干扰, 在精确制导武器中占有重要地位。20 世纪 70 年代初, 美国研制的激光制导航空炸弹在越南战场首次使用。80 年代以来, 激光制导导弹和激光制导炮弹的装备数量也日渐增多。

3. 激光通信技术

激光通信容量大、保密性好、抗电磁干扰能力强。光纤通信已成为通信系统的发展重点。机载、星载的空间激光通信系统和对潜艇的激光通信系统也正在研究发展中, 有的已经实用。

4. 强激光技术

用高功率激光器制成的战术激光武器, 可使人眼致盲, 使光电传感器失效, 使人员、光电仪器和光电制导武器丧失战斗能力。利用高能激光束可能摧毁飞机、导弹、卫星等军事目标。用于致盲、防空的战术激光武器, 已经或接近实用。用于反卫星、反洲际弹道导弹的战略激光武器, 尚处于试验阶段。

5. 激光模拟训练技术

用激光模拟器材进行军事训练和作战演习, 不消耗弹药, 安全可靠, 效果逼真。现已研制生产了多种激光模拟训练系统, 并在各种武器的射击训练和作战演习中得到广泛应用。此外, 激光核聚变研究取得了重要进展, 激光分离同位素进入试生产阶段, 激光引信、激光陀螺已得到实际应用。

五、光电综合应用技术

在微光、红外、激光等光电子技术发展的基础上, 为了满足作战使用和科研试验的要求, 主要发展了以下几项光电综合应用技术:

1. 光学遥感技术

综合应用可见光照相、微光摄像、红外成像和激光遥感技术进行侦察, 可获得较多的信息, 利于分辨、识别目标。在机载、星载侦察设备中, 除可见光照相机外, 已广泛使用红外扫描仪、多光谱照相机等, 并可把信息实时传输到地面。

2. 光电制导和光电火控技术

在红外制导、激光制导、电视制导和雷达制导技术的基础上, 为提高导弹在不同作战条件下的适应能力, 发展了红外/激光、红外/电视、红外/雷达、激光/雷达、红外/紫外等多种复合制导技术。光电火控系统已成为武器效能的倍增器。

3. 光电跟踪测量技术

可见光、微光、红外、激光技术综合应用于武器系统, 能实时跟踪和准确测

量目标的位置，大大提高了武器系统的作战性能。靶场用的光学跟踪测量设备，已由普通的电影经纬仪发展为光电经纬仪，大大提高了自动化程度和跟踪测量精度，也增加了信息量。

六、光电对抗技术

光电对抗是敌对双方围绕光波信息所进行的电磁斗争，是电子对抗领域的重要组成部分。通常是综合应用光电新技术，对敌方光电装备、光电制导武器实施侦察、识别、告警、干扰、欺骗乃至攻击，破坏其使用效能，或以保护己方人员、重要设施和光电装备为目的。

现在国际上常把电子对抗分为雷达对抗、通信对抗、光电对抗三部分。故可以认为，光电对抗是电子对抗在光波频谱范围内的实施。它包括光电对抗侦察、光电欺骗或干扰、光电攻击或摧毁、光电防御等四个基本方面。

1. 光电对抗侦察

这种侦察是采用光电技术手段截获敌方光电辐射信号，并进行参数测量、分析识别、测向定位等，以及时提供情报和发出警告。它有主动和被动两种工作方式，以后者为主。各种激光告警器和红外告警器就是光电对抗侦察装备的实例。

2. 光电欺骗或干扰

光电欺骗或干扰分为有源和无源两种工作方式。前者是利用己方光电装备发射或转发某种与敌方光电装备相应的光波，借以压制或欺骗敌光电装备，使之不能正常工作。后者是利用自身并不发射信息光波的材料去吸收或散射信息光波，或形成假目标，使敌方光电装备性能降低或受骗失效。

激光干扰机、红外干扰机是实施有源干扰的装备，而各种烟雾、水幕、气溶胶、光箔条、角反射器、伪装网等可实施无源干扰。

3. 光电攻击或摧毁

光电攻击或摧毁是以激光束携带能量射向敌装备或敌方人员，使之丧失战斗力甚至被毁坏。具有这种功能的光电装备可叫做激光武器，并常有所谓战术激光武器和战略激光武器之分。

激光致盲器可作为战术激光武器的实例。它能破坏 8km 远处的光电传感器，或对 10km 远处的人眼造成伤害。用中等功率的激光摧毁几千米远的光学系统、整流罩、塑料外壳、燃料箱等“软”目标已成现实；以激光直接摧毁来袭导弹、拦击入侵飞机等“硬”目标，实现“激光防空”的目标也已为期不远。人们还在试验用激光摧毁卫星、拦击洲际导弹的技术，这就是战略激光武器。

4. 光电防御

光电防御系指为防止敌方有效侦察、欺骗、干扰、攻击而采取的战术技术措施。例如，严格控制我方光电辐射，光电装备运用编码发射和相关接收技术；光电制导系统采取光谱滤波和空间滤波手段，使光电传感器等薄弱环节和战地人员具备激光防护能力；制导武器采用红外、激光、电视、雷达复合制导技术，对重

要装备和设施实行光电隐身或抗激光加固等等。

军用光学技术的发展不仅提供现代化武器装备,增强国防实力,还推动信息技术、新材料技术、新能源技术、航天技术等高新技术的发展,提高国家科技总体水平和综合国力。

1.3 军用光学技术与现代战争

众所周知,国防和军事的需求常常成为许多科技领域探索与发展的牵引力。因而,世界各国的高新科技往往首先应用于军事。毫无疑问,这种应用可能使战争突破传统的格局,同时使人们关于战争的许多观念发生重大变化。

例如,按传统观念,实力弱小的一方可通过夜战出奇制胜。但在夜视技术高度发达的今天,没有先进的夜视装备者就很难取得夜战的主动权。过去,树枝、柳条就可隐蔽目标。而如今,在热像仪看来,这种伪装形同虚设。已服役的手持式热像仪可发现灌木丛深处 60m 远的人;机载热像仪能“感知”地下 1m 深处埋了 1 年的水管;两万米高空的侦察机可经热像仪发现水下 40m 深处的潜艇,记录 16h 前曾有的炊烟、打过的炮、开过的车,能追记开走了的坦克、已飞走的飞机等;星载红外相机能侦察地面部队的集结、伪装的导弹、地下发射井及战略导弹的发射动向。如此等等,都是按传统观念不可理喻的现实。

1982 年马岛冲突,英军使用多种夜视器材,在马岛登陆后于夜晚发起总攻,使阿方措手不及。1986 年,美空军在夜幕掩护下,借助机载前视红外装备和激光照明器,长途奔袭利比亚。用激光制导炸弹准确轰炸卡扎菲总部和驻地,取得了“外科手术式”的收效。1991 年的海湾战争,美军 F-117 飞机投下激光制导炸弹,击中伊军总部楼顶中央,并把激光制导炸弹投入伊防空指挥部房顶的通气孔;由 A-6 飞机在百公里外发射末段以景物匹配制导的导弹,第一枚先在伊发电站护墙上炸一个洞,4min 后,另一电视末制导导弹穿过此洞直接摧毁该电站。也正是这种导弹准确击中伊军地下高级指挥中心,迫使伊同意从科威特撤军。

在近年局部战争的舞台上,先进的军用光电装备已作为耀眼的表演明星,以前所未有的姿态出尽了风头。它们给当代战争的形态、进程和结局带来的深刻影响,已经并将继续改变人们惯常的战争观念。

另一方面,“现代战争的信息量大,对信息技术提出了很高的要求。火力、机动和信息已成为武器装备作战效能的重要因素,信息技术已成为军事技术的发展重点。光学和光电子技术是信息探测、传输、处理的重要手段,在信息技术中占有十分重要的地位。20 世纪 60 年代以来,随着微光、红外、激光、光纤等新技术的发展,各种新型光电技术装备在军事上广泛应用,对作战方式和作战效能产生了重要影响,成为武器装备总体效能的倍增器,对提高军队的战斗力发挥了重要作用”。其主要表现^[1]是:

一、扩大了作战的时域、空域和频域

红外、微光夜视器材的出现，为夜间作战提供了先进的技术手段，夜战已提到更重要的地位。随着强激光技术的发展，将出现对付太空目标的天基激光武器，使作战空域更为广阔。电子装备的工作波长在毫米以上，雷达、通信、导航等电子装备品种繁多，各频段已经非常拥挤，电磁干扰日益严重。而光电装备的工作波长只有零点几到几十微米，大大扩展了频率范围，增加了信息量，提高了武器装备的作战性能。

二、显著增强了信息探测、传输和处理能力

光电侦察器材具有分辨率高、形象直观清晰、能识别伪装、隐蔽性好以及抗电磁干扰能力强等优点，是信息探测的重要手段。地面、车载、舰载和机载的各种光电侦察器材，在战术侦察中发挥了重要作用。照相侦察卫星、预警卫星上装有多种光学遥感设备，是战略侦察的主要手段。激光通信和光纤通信是先进的信息传输方式，应用范围在迅速扩大，光缆有逐步取代电缆的趋势。光学信息处理具有速度快、容量大、可二维并行运作等优点。各种侦察手段获取的图像信息通过光学处理可使图像质量改善，有利于检测和识别目标。正在积极研究的光计算机，将为信息处理提供新的手段。激光光盘和激光全息存储密度高、容量大，是正在发展的新型信息存储技术。激光大屏幕显示系统亮度高、图像清晰、便于观看，已在作战指挥中应用。光电子技术与电子技术紧密结合，大大改善了指挥、控制、通信和情报系统（C³I系统）的性能，是作战指挥的有力保障。

三、提高了武器系统的作战效能

红外制导、激光制导、电视制导和光纤制导等光电制导技术用于武器系统，使命中精度成十倍甚至成百倍地提高。红外、激光和电视制导的多种战术导弹和航空炸弹，已在战场上实际使用，取得了很好的作战效果。由红外跟踪、激光测距、热像仪和微光电视等观测设备组成的光电火控系统，或由它们与雷达组成的复合火控系统，具有测量精度高、抗干扰能力强、能昼夜工作等优点，适合于探测坦克、舰艇和低空、超低空来袭的飞机、导弹等军事目标，大大提高了武器系统的快速反应能力和命中精度。

利用高能激光武器直接攻击目标，具有快速、灵活、准确和不易受干扰等独特优点。激光致盲武器可使人眼致盲和使光电探测器失效，从而使人员和光电制导武器丧失战斗能力，是一种有效的光电对抗手段。车载、舰载、机载的战术激光武器正在抓紧研制，可用于攻击飞机、战术导弹等军事目标。美国的“战略防御倡议”中，把激光武器作为对战略导弹防御的手段之一。美国和前苏联都开展了反弹道导弹、反卫星的战略激光武器的研究。激光武器将与其他武器配合，组成作战效能更高的武器系统。

在武器的研制、试验、鉴定过程中，光电经纬仪、弹道照相机、高速摄影机、光学判读仪等用于测量目标的运动轨迹和实况记录，获取高精度的数据和有

关信息,为研制、改进武器提供依据。激光模拟技术为军事训练提供了新手段。光学技术在军事后勤和军工生产中,也发挥了重要作用。

1.4 军用光学技术的基础与发展

一、基础

从根本上来说,军用光学技术的基础是光学理论与实际应用的结合。光学理论包括几何光学、波动光学、量子光学、光电子学、光谱学、色度学、信息光学等。从实际应用而言,当前军用光学技术主要涉及以下几方面:

1. 新型光学系统的设计、评价、制造、检校与战术技术性能试验^[53,54]

毫无疑问,光学系统是军用光学装备、器材的光能接收单元或光能发射单元。从信息论看来,它是最重要的信息处理环节之一。非球面系统、不共轴系统、含衍射型元件的系统、特殊形面系统、微透镜阵列、扫描型系统等在军用光电装备中的广泛应用将使此类装备的面貌为之一新。这就涉及相应的材料性能、加工与镀膜工艺、检测手段和外场试验技术水平。

2. 光电探测器

军用光学装备水平在很大程度上依赖于光电探测器。从近紫外区到远红外区,已拥有性能很好的探测器件,14~40 μm 长波红外光电探测器性能也不断提高,可用器件种类越来越多。探测器的响应时间有的已小于1ns,光束可在几百兆赫调制频率下工作。有的器件已可探测单个光子。多元器件中,Sprite扫描型探测器和64×64元并串联器件已成功应用多年;焦平面阵列器件近年发展很快;CCD和IRCCD都已商品化;新型凝视列阵及串并型 $m\times n$ 系列探测器也已实用。但随着军用光电装备的发展,对探测器性能提出了许多新要求,主要是在工作波段、响应度、弛豫时间、工作频率、敏感面积及结构工艺等方面。新型优质探测器的出现常为军用光电装备发展开辟新径。例如,前述Sprite探测器在20世纪80年代初问世,它既有信号检测功能,又能在器件内部实现信号延迟和积分,一个8条Sprite探测器相当于120元的CMT(碲镉汞)探测器性能,但只需8个信道,这就减少了器件引线;这类器件热负载小,使杜瓦瓶结构简单,工艺难度下降;工作可靠性大大提高。以它为探测器的热像仪之温度分辨力可优于0.1℃,图像清晰度可与采用了像增强技术的图像相比拟,是第一代热像仪中的精品。红外焦平面阵列探测器的应用使热成像系统进入第二代。它借助集成电路方法将 $m\times n$ 元器件装在一块芯片上并使之具有信号处理功能,以极少量引线把每个芯片上成千上万个探测器信号读出送至信号处理器,实现了焦平面上探测器的高密度封装和信号的快速处理,使热像仪具有更高的响应度、更好的分辨力和更大的视场,且体积小、重量轻,自动化程度更高,用途更广。

3. 新型激光器、新型集成电路与微型计算机技术

激光为军用光学技术装备提供了良好的光源，同时又成为携带信息的优质载体。它极好的方向性、单色性、相干性及其高亮度，使相应的军用光电装备功能增强，应用范围扩大。但目前能用于实战的激光器种类偏少，波长品种还不多，有待进一步发展。当前军用光电装备正朝着一体化、小型化、自动化、智能化方向发展，这无疑要依赖集成电路和微计算机技术的新成就。

4. 信息理论与技术

从信息论上说，军用光电装备属于信息处理系统。它要承担信号形成、发送、接收、识别、检测、显示等任务。为提取所需要的目标信息，必须运用信号处理技术。通常所用的空间滤波、光谱滤波、相关技术、图像增强、背景抑制、噪声去除等手段在军用光学技术中被广泛采用。因而，信息理论与技术的发展对军用光学装备也是一种推进。

5. 自动控制理论与技术

许多军用光学装备（例如光电火控系统、跟踪测量系统、侦察告警系统、光学制导系统等）的实际运作都要依赖自动控制理论与技术。从控制论的观点分析，它们也属于控制系统的范畴。因而，现代控制理论与技术也构成军用光电装备的理论基础和技术支撑。

6. 相关学科与技术

当代军用光学技术的进步已越来越多地依赖众多学科的发展与配合，物理学、电子学、微电子学、计算机科学、材料科学、光学、光谱学、光电子科学等学科的最新成就应用于军事光电装备，都可能使军用光学技术提高到一个新水平。甚至有关部件的技术水准都对军用光电装备产生重大影响。例如，转速为 $5 \times 10^4 \text{ r/min}$ 的空气轴承高速电机出现，使光机扫描热成像系统达到 50Hz 以上的扫描帧频；致冷器的微型化、伺服机构的新设计、光学薄膜的新工艺等，都为军用光电装备性能的提高创造了条件。

二、发展

毫无疑问，作为武器装备的重要组成部分，军用光电装备对国家的军事实力具有举足轻重的作用，它是国防力量的一个重要标志。随着高新科技的应用，其地位和作用将越来越为世人瞩目。

“未来军用光学技术的发展，取决于军事需求和基础技术的进步。各种激光器、红外探测器、像增强器、固体摄像器件和集成光学器件等，是发展光电子技术的基础，也是光电子设备的核心。继续提高这些光电子器件的性能，特别是使它们与微电子集成技术相结合，研制出全新的智能化组件，是光电子技术的发展方向。光学遥感、光电制导和光电跟踪测量技术仍是军事应用的重点，特别是加强对实时遥感侦察、目标识别、成像跟踪制导等关键技术的研究，与微处理机技术紧密结合，进一步提高自动化、智能化水平。为给光电技术的发展提供依据和