

光学工程



目标探测与识别

主编 周立伟 副主编 刘玉岩

国防科工委『十五』规划专著

北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

西北工业大学出版社

哈尔滨工程大学出版社

国防科工委『十五』规划专著

责任编辑：任世宏
书籍装帧：彩多设计

ISBN 7-5640-0336-7



ISBN 7-5640-0336-7
定价：20.00 元



国防科工委“十五”规划专著

目标探测与识别

周立伟 主 编

刘玉岩 副主编

北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社 西北工业大学出版社

哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书主要叙述目标探测与识别的基本问题和与其相关的信息获取技术,特别介绍了微光技术、热成像技术、激光技术、兵器雷达技术等。重点叙述各种技术的基本原理、器件、系统以及对微光、激光、红外、雷达目标的探测和识别,各种技术的进展和发展预测。对于同目标探测与识别技术相关的各种光电对抗技术,以及目标探测与兵器光电系统的一些新技术,本书也进行了简要的叙述。本书可作为光电子成像技术、激光技术、雷达技术、红外技术和光电子对抗技术等专业的高年级大学生、研究生的教学参考书,也可供从事目标探测与识别技术研究的光电工程和电子工程的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

目标探测与识别/周立伟主编. —北京:北京理工大学出版社,
2004.9

国防科工委“十五”规划专著

ISBN 7-5640-0336-7

I. 目… II. 周… III. ①军用光学仪器-基本知识②目标识别
雷达-基本知识 IV. ①TH745②TN959.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 070095 号

目标探测与识别

周立伟 主编

责任编辑 任世宏 责任校对 陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

北京市海淀区中关村南大街 5 号(100081) 发行部电话: 010—68912824

<http://www.bitpress.com.cn>

chiefedit@bitpress.com.cn

北京圣瑞伦印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.25 字数: 300 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷 印数: 3500 册

ISBN 7-5640-0336-7 定价: 20.00 元



总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济作出了重要贡献。



国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们最具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版200种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的100多位专家、学者,对经各单位精选的近550种教材和专著进行了严格的评审,评选出近200种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、



机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者，他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等，具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中，国防特色专业重点教材和专著的出版，将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出，进入21世纪，我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标，对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展，提升国防实力，需要造就宏大的人才队伍，而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务，落实科教兴国和人才强国战略，推动国防科技工业走新型工业化道路，加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华，实现志向，提供了缤纷的舞台，希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识，树立正确的世界观、人生观、价值观，努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任，创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好，国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



前 言

众所周知,一个完整的战斗任务大致包含侦察、搜索、监视以及攻击目标和随之毁伤目标。因此,在现代战争中,增强己方快速获取各种信息的能力,夺取信息优势是取得战役乃至战争胜利的关键之一。现代信息获取技术内涵是十分丰富的,但在军事应用中,首先需要解决的一个重要问题是,如何发现、识别和确认目标,即发展目标探测和识别技术。

目标探测与识别的核心问题是围绕着高时效和准确性这两个要求,通过目标信息的实时“获取”、“处理”、“显示”、“传输”等途径实现目标准确“探测”、“识别”和“确认”。为此,需要研究和开发高新技术(如微光、红外、激光、雷达、光电对抗等),使系统具有目标数据获取、显示、传输的实时能力以及对目标信息的实时数据处理能力。

自20世纪80年代以来,红外热成像、微光夜视、电视摄像、激光测距、毫米波、微波和激光雷达、紫外探测等主被动监视装置,覆盖了从紫外到无线电波的宽广的电磁波谱,已能昼夜、全天候、大范围监视战场和捕获、跟踪目标,并准确定位,成为未来战场夺取信息优势的重要的技术基础。加之通信、计算机、显示以及数字信息处理技术的发展,实现了战场数字化,构成了垂直和水平数字信息网,可以



在整个作战空间采集、传送、交换、利用信息,最大限度地发挥部队作战能力。这些高新技术及其综合应用的迅猛发展,大大促进了信息获取的实时性及其深度和广度,使部队有可能随时掌握战术态势,准确确定目标位置,有效指挥部队和作战平台,迅速实施精确打击,从而大幅度提高部队的作战能力和战场生存能力

本书主要叙述目标探测与识别的基本问题和与其相关的信息技术;特别是介绍微光技术、热成像技术、激光技术、兵器雷达技术、光电对抗技术等的基本原理、器件、系统以及各种技术的进展和发展预测。

本书由周立伟、刘玉岩担任主编和副主编。各章撰稿人为:周立伟(第一章、第二章),艾克聪、向世明(第三章),蔡毅、王忆峰、冯炽焘(第四章),封鸿渊(第五章),高本庆、王煜成(第六章),张承詮(第七章),杨培根(第八章)。参加本书部分章节编写工作的有:李景生、朱克正、高景华、陶小红、李介明、彭玉田、邓广绪、蔡春平、张继胜、刘宇(第三章);宋炳文、朱惜辰、陈宇昌(第四章);周思永、高梅国、张亚婷、郭敏、张云展、吴胜天、郭能念、马来群、张志兆、李道京、邓次平、费元春、韩月秋(第六章)。负责本书各章审稿的有:李佳仪、张世靖、刘明湘、刘玉岩、倪国强、高雅允、金伟其、朱惜辰、魏光辉、杨培根、周立伟、高本庆等。



本书的编辑、出版和组织工作是在中国兵器工业集团总公司和中国兵器科学研究院领导和指导下进行的。在本书撰写、审阅、编校、排版过程中,中国兵器工业 205 所、206 所、209 所、210 所、211 所、北京理工大学光电工程系和电子工程系以很大的热情组织有关专家参与,给予了全面的支持和协作,我向他们表示深深的感谢。我还要感谢本书各章的作者和审稿人为全书的编写和审阅所做的贡献。还需要特别指出的是,中国兵器工业集团总公司军品局光电处和规划处、北京理工大学光电工程系王仲春同志和北京理工大学出版社任世宏同志在文稿的编辑和本书的出版上做出了不懈的努力和出色的工作,我向他们表示衷心的感谢。

周立伟

目 录

第一章 概 述	1
1.1 信息获取技术及其在现代战争中的作用	1
1.2 目标探测与识别的研究对象和基本问题	4
1.3 目标探测与识别中信息获取技术的特点和进展	9
第二章 目标探测与识别的基本问题	20
2.1 引言	20
2.2 目标探测与识别的基本术语和成像链	22
2.3 一维探测与二维辨别	28
2.4 目标搜寻	42
2.5 距离预测	49
第三章 微光夜视技术	59
3.1 概述	59
3.2 夜天光谱、目标反射特性和大气传输	63
3.3 人眼视觉	69
3.4 微光夜视器件	75
3.5 微光像增强器关键技术	78
3.6 微光夜视系统	92
3.7 微光夜视系统的探测方程	98
3.8 微光夜视技术发展 with 预测	109
第四章 热成像技术	113
4.1 概述	113
4.2 热成像技术的理论基础	115
4.3 红外探测器材料、器件、杜瓦和制冷机(器)	125
4.4 热成像系统	145
4.5 热图像中的目标探测与识别	160



4.6 兵器红外技术的发展	165
第五章 激光技术	172
5.1 概述	172
5.2 激光技术的理论基础	175
5.3 激光指向与激光测距	195
5.4 激光雷达	204
5.5 激光目标探测与识别	213
5.6 兵器激光技术的发展与预测	221
第六章 兵器雷达技术	224
6.1 概述	224
6.2 雷达目标特性	227
6.3 雷达作用距离	233
6.4 雷达测量精度	238
6.5 防空火控雷达	243
6.6 低空目标指示雷达	249
6.7 炮位侦察校射雷达	254
6.8 陆基战场侦察雷达	258
6.9 坦克火控雷达	264
6.10 武装直升机火控雷达	268
6.11 无人机载小型合成孔径雷达	271
6.12 毫米波雷达导引头	274
6.13 兵器雷达对抗	279
6.14 兵器雷达技术发展预测	287
第七章 光电对抗技术	291
7.1 概述	291
7.2 光电告警技术	293
7.3 光电干扰技术	312
7.4 反对抗与激光防护技术	323
7.5 光电对抗技术发展预测	332
第八章 目标探测与兵器光电系统的新技术	336
8.1 概述	336



8.2 声探测技术	337
8.3 狙击手探测技术	338
8.4 隔墙探人技术	341
8.5 作战识别技术	343
8.6 遥控地面传感器技术	346
8.7 多光谱和超光谱探测技术	350
8.8 综合传感器技术	351
参考文献	360

第一章 概述

1.1 信息获取技术及其在现代战争中的作用

一、信息获取技术在现代战争中的地位

在未来的高技术局部战争条件下,制信息权已成为赢得战争胜利的首要条件。制信息权包括通过各种手段实时获取或准实时获取我方和敌方的有效信息,确保我方所传递的信息不被敌方获取以及破坏敌方的信息传递通道等。

众所周知,地球上所有物质都对外界辐射(自发辐射或反射日光辐射)自己独特的信息——某一部分的电磁波谱。信息的时空传输,就是我们通常广义上所说的“通信”(包括“记录”和“成像”)。所传输的信息被传感器(探测器)接收,再通过各种信息分离、提取、增强、融合、识别等手段最终可达到被应用的目的。现代化的信息获取利用了多种技术手段,如电视传真、遥感技术、光纤通信以及光学与光电子成像和雷达技术。在光学侦察中,多数使用被动信息获取技术,如红外热成像、微光以及可见光系统。与之相反的主动信息获取技术是人为地制造信息载体,如发射电磁波或用人造的光源(或红外线辐射源)照射被探测目标。这些载体与目标相互作用后就携带了被探测目标的信息,这些信息被收回,并把目标信息从载体中提取和分离出来。采用主动还是被动信息获取技术应根据被探测目标的性质、被测物理量的性质、目标的状态与所处的环境等因素来选择。

在军事应用中,目标信息获取技术可能的感知空间覆盖了武器系统可能配置的全部空间,从地球外层到大气层、地面、地下、海面、海下及水下,其波长覆盖整个电磁波谱。



信息技术的迅猛发展,给未来战争的时空二维的特点带来了巨大的变化。对空间维而言,从海陆空扩展到外层空间;从时间维来看,战争将在分钟级的时间内发生、发展和结束。这种主要依赖于信息技术的现代战争的特点,更新甚至改变了现代战争中的许多观念。士兵装备信息化、数字化战场、自动作战指挥方式以及各种各样的武器装备,为现代战争注入了新的观点,引导人们思考信息技术最终给战争带来的变化。

对多数军事目标信息的获取来说,首先是广义上的视觉,其可利用的信息载体是整个电磁波谱——按波长或频率又可细分为长、短波无线电波、微波、毫米波、红外、可见光、紫外直到 X 射线。因此,军事目标的载体特征主要有,以无线电波为载体的雷达、以微波为载体的微波雷达和合成孔径雷达、以毫米波为载体的毫米波雷达、以红外辐射为载体的热像仪、以光波为载体的微光、可见光相机和以紫外辐射为载体的紫外相机等;其次为听觉,其代表为声纳技术;味觉与嗅觉则居次要地位,需要通过间接办法如谱分析来实现。

现代目标信息获取与处理系统一般是利用车载、机载(无人机、飞艇)、舰载、星载(低轨、同步)传感器,实现高分辨力、全自动、多光谱、多时相、地球空间信息获取,利用图像处理技术、通信技术、信息融合与提取技术、目标探测与识别技术以及全球定位系统技术和地理信息系统技术,实现信息快速传输、目标地形自动重建、目标自动识别以及战争指挥决策的现代化。

现代信息获取与处理系统一般具有两种运作方式:一种是战略方式,如以 5~7 颗地球中轨卫星、5~8 m 分辨力、5~6 个光谱波段,对全球范围的重要目标进行精确跟踪,观测周期为 3~4 天,服务于战略决策。这种方式在实现对境外目标跟踪的同时,在卫星飞越国土范围时,其获取的信息可用于土地变化监测(如沙漠化)、环境污染监测以及现代精细农业生产中,实时给农业生产提供征兆图。另一种是战术方式,以车辆、无人机、低轨卫星为主要



运载工具,几小时一次或不定期,0.3~1 m 分辨力,实现战时、小范围、高频度、高分辨力信息的实时获取和处理,为作战和战争指挥服务。在平时可以用于国家空间数据基础设施建设、资源调查、经济发展、规划和管理、自然灾害监测(如:森林火灾、洪水)、城市交通管理、道路监测以及工业生产控制等。

在军事应用中,目标信息的时效特征具有特殊重要的地位。一般可分为两种情况:一是通常意义上的军事目标的监视和侦察,如发现机场、港口、车站、兵营、阵地、水面舰队以及侦察装备情况。这种信息的时效期相对比较长一些,一般以天甚至以月来计。另一类是实战时的军事信息(战役、战术信息),这种信息的时效特征比前者要严峻得多。在某些情况下,一个军事信息早一分钟还是迟一分钟到达指挥官手中,就有可能决定整个战役的成败。过时的信息,其价值等于零。随着军事高科技的发展,军事信息的价值有效期越来越短。信息处理可能的时间维特征,对于一般的军事战役和局部地区的战争来说,主要以战术信息的获取及其实时或准实时处理为主。对长期的监视与侦察系统可采用半实时甚至于事后处理的方式。

本书所涉及的内容,以军事、战术目标信息的获取与处理为主,兼顾战略信息。信息的时效特征应放在突出地位,其信息有价值的利用的时限应为分-小时量级。

二、现代战争中的信息获取技术

20 世纪 80 年代以来,光电、电子、通信、计算机和其他传感器等高新技术及其综合应用的迅猛发展,大大促进了信息获取的实时性及其深度和广度,使军队有可能随时掌握战术态势,准确确定目标位置,有效指挥部队和作战平台,迅速实施精确打击,从而大幅度提高军队的作战能力和战场生存能力。这主要体现在:

(1) 红外热成像、微光夜视、电视摄像、激光测距、毫米波、微波和激光雷达、声探测、紫外探测等主被动监视装置,覆盖了从紫



外到无线电波的宽广的电磁波谱。这些装置的综合应用,已能昼夜、全天候、大范围监视战场和捕获、跟踪目标,并准确定位,成为未来战场夺取信息优势的物质基础。

(2) 通信、计算机、显示以及数字信息处理技术的发展,实现了战场数字化,构成了垂直和水平数字信息网,可以在整个作战空间采集、传送、交换、利用信息,使各级指挥员、作战平台都能获取和利用战场信息,从而确保及时有效地组织和指挥部队,最大限度地发挥部队作战能力。

(3) 目标侦察、光电观瞄、自主导航及火力控制等技术装备构成的作战平台综合控制系统,已在坦克、步兵战车、自行火炮、直升机等武器上广泛应用,大幅度提高了平台作战能力。

(4) 红外、激光、电视、光纤、毫米波、惯性/GPS 等制导技术,红外、毫米波末敏技术以及无线电、红外、激光等引信技术已经成熟,并大量应用,使常规武器可以实施精确打击。

目前,世界各国都把军队现代化建设作为军队建设的一项重要内容,不仅研制开发高性能的武器,而且利用现代技术手段,如C³I系统、全球定位系统、遥感系统等,大力改善军队获取信息的手段,为指挥决策提供更丰富、更准确的信息。由此可见,为我军提供有效的目标信息及建立信息获取的保障体系,是现代高技术局部战争的一个重要环节。

1.2 目标探测与识别的研究对象和基本问题

一、目标探测与识别的信息特征和研究对象

由上可见,为打赢周边地区的高技术局部战争提供有效的信息,需要有信息获取保障系统。它从信息的源头开始,即探测、感知、获取,直到把有用的信息提供给战地指挥和战斗人员,这中间有很多环节对信息进行传递,习惯上我们称之为信息链。一个完整的信息链大体由以下环节构成:信息的感知或探测、预处理、压