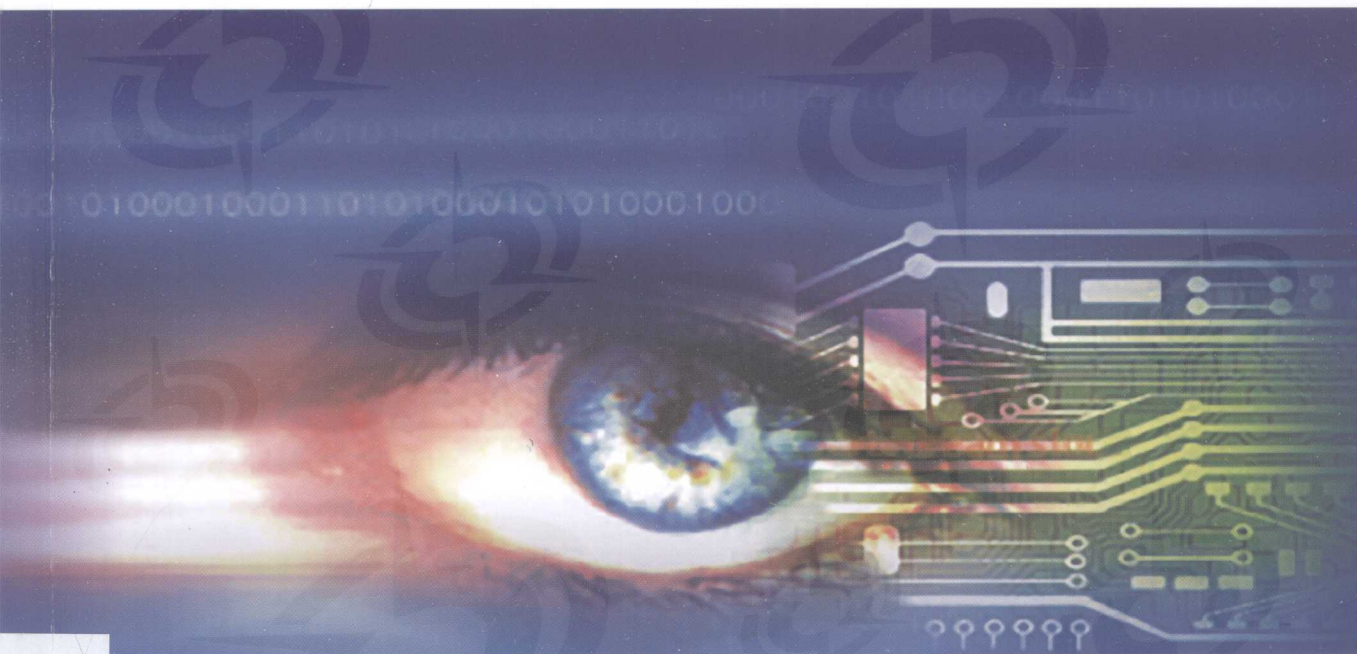




光电技术系列丛书

军用目标 伪装隐身技术概论



■ 主 编 杨照金 副主编 崔东旭



国防工业出版社
National Defense Industry Press

014034052

E951.4
03

光电技术系列丛书

军用目标伪装隐身技术概论

主 编 杨照金
副主编 崔东旭



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1722326

E951.4
03

内 容 简 介

本书较系统地介绍了军用目标的光学特性、军用目标的伪装和隐身、隐身效果评估等。介绍了目标的光辐射特性、光度色度特性、激光反射散射特性和军用目标检测技术。介绍了光电隐身原理、隐身技术措施、隐身效果评估和隐身性能计量测试,涉及军用目标伪装、可见光隐身、红外隐身、激光隐身、雷达隐身、声波隐身和反隐身。

本书适合于从事军用目标探测、光电隐身技术设计、使用和计量测试的科技人员阅读,同时也可作为光学工程专业和仪器仪表专业的硕士研究生和博士研究生参考书。

图书在版编目(CIP)数据

军用目标伪装隐身技术概论/杨照金主编. —北京:国防工业出版社,2014.2

(光电技术系列丛书)

ISBN 978-7-118-09187-8

I. ①军... II. ①杨... III. ①军事—目标伪装—隐身技术—概论 IV. ①E951.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 015473 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 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$ 字数 615 千字

2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 76.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

《军用目标伪装隐身技术概论》

编审委员会

主 编 杨照金

副 主 编 崔东旭

编 委 (按姓氏笔画排序)

马世帮 王 军 王 芳 王学新 占春连

闫晓宇 李 琪 李宏光 赵 琳 胡铁力

侯西旗 贺 彬 高 雅 解 琪 樊桂云

主 审 施加林

序

随着军用光电子技术的发展,红外热成像、微光夜视、激光雷达、激光照射、激光测距等技术广泛应用于陆、海、空各种作战武器平台,极大地改变了现代战场的攻防态势。由于光电侦察、光电跟踪和光电制导等光电系统性能的提高,现代战场上,被发现往往意味着被摧毁。因此,隐身技术在现代战争中的作用越来越受到重视。光电伪装、光电隐身、光电反隐身、光电隐身效果评估和光电隐身性能计量测试等已经成为现代军用光电子技术的一个分支,近 20 多年来得到了长足的发展。军事科学家预测,隐身武器将成为未来战争中的尖端武器之一,它将和高能激光武器、信息化武器、气象武器、纳米武器等尖端武器一起在未来战场上发挥重要作用。

隐身技术是指减小目标的各种可探测特征,使敌方探测设备难以发现或使其探测能力降低的综合性技术。隐身技术分为可见光隐身、红外隐身、激光隐身、雷达隐身和声波隐身技术等。这些方面正好和现代光电侦察、光电跟踪、光电观瞄等光电武器系统相对应,形成了一个矛盾的两个方面。因此,光电隐身技术的发展必将进一步刺激光电武器系统的发展,必将催生新的光电武器系统,将进一步提升光电武器系统的性能。

本书从军用目标的光学特性出发,介绍各种隐身原理、隐身方法、隐身效果描述和评估以及隐身性能计量测试等,内容涉及目标光学特性、目标特性测试、光电伪装、红外隐身、可见光隐身、激光隐身、雷达隐身、声波隐身和反隐身等。从军用光电技术科技工作者和光学计量测试科技工作者的角度,侧重于光电隐身原理、隐身性能评估和隐身性能测试,同时兼顾雷达隐身和声波隐身相关的内容,与已出版的以雷达隐身为重点的隐身相关书籍相比,有其独到之处。该书是国内第一本系统总结光电隐身原理、隐身措施、隐身效果评估和隐身性能计量测试的著作,相信会对从事光电隐身技术、光学计量测试技术,乃至从事光电武器系统研制的科技工作者有所帮助。本书的作者在我国军用光学领域久负盛名的西安应用光学研究所长期从事目标特性、光电探测和光学计量测试等研究,在学习继承前人成果的基础上,结合各自相关领域的研究和培养研究生的实践经验,使本书具有明显的特色。因此,我特向从事光电隐身技术、光学计量测试技术、光电武器系统研制的科技工作者和光学工程专业的研究生推荐,是为序。

中国工程院院士、北京理工大学教授

周立伟

2013 年 6 月 10 日

前 言

隐身技术自从问世以来,在飞机、导弹、坦克装甲车辆和舰船等主要作战武器系统上的应用都得到了很大的发展。海湾战争中,在 F-117A 隐身攻击机出色表现的刺激下,隐身技术进一步受到世界各军事强国的重视。通过多年的发展,隐身技术的研究及其应用获得了一系列突破性进展。纵观各国经济财力、军事力量和技术发展水平,世界各大军事强国已经拥有不同隐身程度和不同数量的隐身武器。近年来,随着隐身技术研究和应用的进一步深入和拓展,它的应用范围又得到很大扩展,已涉及到水雷、机车、工事、战车、大炮等领域。

科学家预测,隐身武器将成为未来战争中的尖端武器之一,它将与高能激光武器、信息化武器、气象武器、纳米武器等尖端武器一起在未来战场上发挥重要作用。隐身技术按照隐身机理可分为红外隐身、可见光隐身、激光隐身、雷达隐身和声波隐身等。隐身涉及目标的光学特性、电磁特性、隐身理论、隐身方法、隐身材料、隐身效果评估、隐身性能计量测试和隐身技术应用等方面。本书试图从军用目标的光学特性出发,介绍各种隐身原理、隐身方法、隐身效果描述、隐身效果评估和隐身性能计量测试等。由于隐身技术是在目标伪装技术基础上发展的,是传统伪装技术的应用和延伸,所以用一定篇幅介绍目标伪装技术的原理、措施和伪装性能测试。

本书共 11 章。第 1 章 绪论,简要介绍伪装和隐身技术基本概念、发展现状和发展趋势等。第 2 章 目标光学特性基础知识,主要介绍目标的光辐射特性、光度特性、颜色特性、反射和散射特性等。第 3 章 典型军用目标的光学特性,主要介绍飞机、导弹、舰船、坦克车辆和卫星等典型军用目标的光学特性。第 4 章 目标光学特性测试技术,主要介绍目前通用的地面目标、空中目标、水面目标光学特性测量方法。第 5 章 军事目标的伪装,主要介绍伪装的基本概念,各种军用目标的伪装措施和伪装效果评估。第 6 章 可见光隐身,介绍可见光隐身原理、可见光隐身的性能表征、可见光隐身性能的计量测试等。第 7 章 红外隐身,介绍红外隐身原理、红外隐身技术措施、红外隐身的性能表征、红外隐身效果评估、红外隐身性能计量测试等。第 8 章 激光隐身,介绍激光隐身原理、激光隐身效果的评价方法、激光隐身效果的外场评估、激光隐身材料实验室测试等。第 9 章 雷达隐身,介绍雷达隐身原理、雷达隐身效果评估和雷达散射截面测试等。第 10 章 声波隐身,介绍声波隐身原理、声波隐身效果评估等。第 11 章 反隐身技术,介绍现有武器系统和隐身技术自身存在的问题、探测隐身目标的反隐身技术和系统等。

本书由杨照金、崔东旭策划和组织编写。4.2 节、4.3 节、7.7.2 节、7.8 节由王军撰写;5.1 节由李琪撰写;6.6.1 节、6.6.2 节由侯西旗撰写;6.6.5 节、6.7.3 节由李宏光撰写;6.6.3 节、6.7.1 节由占春连撰写;7.6.2 节、7.6.4 节、7.9.2 节由胡铁力撰写;7.9.1 节由闫晓宇撰写;6.7.2 节、7.9.3 节由王学新撰写;9.1 节至 9.3 节由解琪撰写;11.1 节至 11.4 节由马世帮

撰写;其余章节均由杨照金撰写,杨照金进行全书统稿。施加林研究员对全书进行了认真的审阅,并提出许多建设性意见和建议。解琪、马世帮、闫晓宇、李琪、贺彬、高雅等负责部分插图整理和编排工作。西安应用光学研究所科研管理处王芳,人力资源处樊桂云、赵琳提供了很多帮助,本书采用了作者所在科研集体(国防科技工业光学一级计量站)的一些科研成果,也参考和引用了国内许多专家、学者的书籍和文献。西安应用光学研究所和国防科技工业光学一级计量站领导的关心与支持使得作者能在较短的时间内完成本书。在此一并表示衷心的感谢。作者还要特别感谢中国工程院院士、北京理工大学周立伟教授在百忙中为本书写序。

由于作者知识面和水平有限,错误在所难免,希望广大读者批评指正。

作者

2013 年 6 月

目 录

第1章 绪论	1	2.5.1 大气传输过程	20
1.1 伪装技术	1	2.5.2 大气吸收	20
1.1.1 伪装技术的内涵	1	2.5.3 大气散射	21
1.1.2 伪装技术的发展历程	2	2.6 激光水下传输	23
1.1.3 伪装技术的发展趋势	2	参考文献	24
1.2 隐身技术	3	第3章 典型军用目标的光学特性	25
1.2.1 隐身技术的内涵	3	3.1 目标与背景基本红外特性	25
1.2.2 隐身技术的发展历程	3	3.1.1 普通目标的光学特性	25
1.2.3 世界隐身技术的应用情况	4	3.1.2 太阳的光学特性	26
参考文献	6	3.1.3 地球及自然地表的红外辐射特性	26
第2章 目标光学特性基础知识	7	3.1.4 背景的辐射特性	29
2.1 目标光学特性概述	7	3.2 飞机的辐射特性	30
2.2 光辐射的基本量	8	3.2.1 喷气发动机红外辐射强度	30
2.2.1 辐射参数及定律	8	3.2.2 喷气发动机尾焰红外辐射	31
2.2.2 本征辐射参数	10	3.2.3 飞机蒙皮的温度	31
2.2.3 光度参数及定律	10	3.2.4 飞机红外辐射特征的影响因素	32
2.2.4 目标反射、散射特性参数	12	3.2.5 实际飞机的红外辐射分析	33
2.3 色度学基本量	12	3.3 导弹的辐射特性	34
2.3.1 颜色的定义	13	3.3.1 发动机尾喷焰红外辐射	34
2.3.2 目标的色度特性参数	14	3.3.2 蒙皮红外辐射模型	36
2.3.3 人眼视觉特性与物体观察	14	3.3.3 尾喷管红外辐射模型	36
2.3.4 颜色三刺激值	15	3.3.4 某型反舰导弹红外辐射计算仿真	37
2.4 目标的散射特性	16	3.4 坦克的辐射特性	38
2.4.1 面散射特性	16	3.4.1 影响坦克目标红外辐射特性的因素	39
2.4.2 体散射特性	17		
2.4.3 散射特性的表述	18		
2.5 光在大气中的传输	20		

3.4.2 坦克的红外辐射特性	40	系统	59
3.5 导弹发射车的红外辐射特性	42	4.4.3 机载红外测量系统	61
3.5.1 导弹发射车 24h 内红外辐射 温度变化	42	4.4.4 激光散射特性测试	64
3.5.2 导弹发射车的主要红外暴露 征候	43	参考文献	67
3.6 舰船的辐射特性	44	第 5 章 军事目标的伪装	68
3.6.1 舰船红外辐射的来源	44	5.1 伪装技术概述	68
3.6.2 舰船红外辐射的估算	44	5.1.1 伪装的原理与分类	68
3.7 卫星的光学特性	46	5.1.2 目标的暴露征候	70
3.7.1 太阳辐射	46	5.1.3 军事目标的伪装	71
3.7.2 地球辐射	46	5.1.4 城市重要目标的伪装	72
3.7.3 卫星的热特征	46	5.1.5 防空武器系统伪装	74
3.7.4 卫星的可见光特征	48	5.1.6 伪装网	76
3.7.5 卫星的散射特性	48	5.1.7 伪装毯	79
参考文献	48	5.1.8 动态伪装	82
第 4 章 目标光学特性测试技术	50	5.1.9 迷彩伪装	85
4.1 目标光学特性测试概述	50	5.2 目标伪装效果评价的主要 方法	87
4.1.1 目标光学特性测试基本概念 及术语	50	5.2.1 实地检测、人工判别	87
4.1.2 静态目标光学特性测量	51	5.2.2 通过发现概率方程对伪装 效果进行评估	88
4.1.3 动态目标角度分布测量	51	5.2.3 基于光谱反射特性的伪装 性能评价	89
4.2 目标测试的一般原则及影响 因素	52	5.2.4 基于欧氏距离的伪装器材 性能评估	90
4.2.1 一般原则	52	5.2.5 基于纹理分析的伪装器 材效果评价	92
4.2.2 探测距离的影响	52	5.2.6 基于光谱成像的伪装效果 评价	94
4.2.3 目标/背景对比度	53	5.2.7 基于模糊综合评判的伪装器 材效能评估	97
4.3 目标光学特性测试系统及 过程	54	5.2.8 基于 BP 神经网络的伪装效能 评估	100
4.3.1 探测过程主要要素	54	5.2.9 层次分析法	102
4.3.2 点目标测试	55	5.2.10 其他评价方法	103
4.3.3 面目标测试	56	5.3 典型装备及设施的伪装效果 评价	104
4.3.4 红外辐照对比度	57	5.3.1 地空导弹阵地实际伪装	
4.4 典型目标特性测量系统	57		
4.4.1 空间目标光度特性测量 系统	57		
4.4.2 地面跟踪目标红外特性测量			

效果评价	104	6.6 可见光隐身性能测试	145
5.3.2 集群目标伪装效果综合		6.6.1 光在光学材料中的	
评价	106	传输	145
5.3.3 导弹发射车红外伪装		6.6.2 反射比测量	145
效果评估	112	6.6.3 隐身目标的亮度测试	147
5.3.4 直升机攻击条件下装甲		6.6.4 隐身目标与背景对比度	
目标伪装效能评估	113	测量	150
5.3.5 伪装对直瞄兵器作战能力		6.6.5 隐身目标的颜色测量	153
影响的评估	116	6.7 可见光隐身计量	156
5.3.6 迷彩伪装效果评价	120	6.7.1 亮度计校准	156
5.4 伪装性能测试	124	6.7.2 光谱辐射计校准	158
5.4.1 迷彩伪装材料实验室		6.7.3 光谱测色仪的校准	159
测量	124	参考文献	160
5.4.2 地面伪装目标高光谱		第7章 红外隐身	162
成像检测	125	7.1 红外隐身原理及技术措施	162
5.4.3 伪装网性能测试	127	7.1.1 红外探测系统	162
参考文献	128	7.1.2 红外隐身原理	165
第6章 可见光隐身	131	7.1.3 红外隐身措施	165
6.1 可见光隐身原理	131	7.2 红外隐身材料	166
6.1.1 可见光探测系统	131	7.2.1 控制红外隐身材料的	
6.1.2 可见光隐身的一般		发射率	167
原理	134	7.2.2 控制温度的红外隐身	
6.1.3 动态隐身	134	材料	170
6.1.4 自适应隐身	134	7.2.3 远红外伪装涂料	170
6.2 可见光隐身材料	135	7.3 红外隐身技术的应用	171
6.2.1 隐身涂料	135	7.3.1 飞机的红外隐身	171
6.2.2 动态隐身变色材料	138	7.3.2 坦克装甲车辆的红外	
6.3 可见光隐身主要途径	140	隐身	172
6.3.1 迷彩隐身	140	7.3.3 导弹的红外隐身	172
6.3.2 烟雾隐身	140	7.3.4 导弹发射车的红外	
6.3.3 飞机的隐身措施	140	隐身	174
6.4 可见光隐身发展现状	141	7.3.5 舰艇的红外隐身	175
6.4.1 法国的研究情况	142	7.3.6 卫星的光学隐身	178
6.4.2 隐身衣	142	7.4 红外隐身效果评估	178
6.5 可见光隐身效果评估	143	7.4.1 红外隐身的性能表征	178
6.5.1 材料性能表征	143	7.4.2 基于灰度相关的红外隐身	
6.5.2 隐身效果的表征	144	效果评估	180

7.4.3 红外隐身涂层隐蔽系数	182	溯源	219
7.4.4 隐蔽效率评估红外隐身效果	184	7.9.2 红外热像仪参数的校准	222
7.5 典型装备的红外隐身性能评估	187	7.9.3 红外光谱辐射计的校准与溯源	226
7.5.1 飞行器红外隐身工程评价	187	参考文献	230
7.5.2 战车的红外隐身效果评估	189	第8章 激光隐身	232
7.5.3 水面舰艇的红外隐身效果评估	192	8.1 激光隐身原理	232
7.5.4 针对反舰导弹的舰艇红外隐身效果评估	194	8.1.1 典型激光武器系统的工作原理	232
7.5.5 飞航导弹红外隐身效能评估	196	8.1.2 激光雷达截面	236
7.6 红外发射率测试	198	8.1.3 激光雷达测距方程	237
7.6.1 红外发射率测试方法的分类	198	8.1.4 临界散射截面	237
7.6.2 量热法半球积分发射率的测量	199	8.1.5 理论上减小激光雷达截面的方法	237
7.6.3 反射法测量发射率	200	8.2 激光隐身主要途径	238
7.6.4 能量法测量发射率	202	8.2.1 采取外形技术	238
7.6.5 多波长法测量发射率	205	8.2.2 采用功能材料技术	239
7.6.6 实验室简易发射率测量	206	8.2.3 减小“猫眼效应”	242
7.6.7 有关标准对红外发射率试验的规定	207	8.2.4 其他激光隐身技术	242
7.7 红外隐身效果外场测试	211	8.2.5 激光隐身技术发展趋势	243
7.7.1 外场测试概况	211	8.2.6 常用军事装备的激光隐身	243
7.7.2 典型外场测试系统	212	8.3 激光隐身效果评估	246
7.8 外场测试实例	216	8.3.1 激光隐身性能表征	246
7.8.1 无人侦察机红外隐身特性研究	216	8.3.2 激光隐身效果的评价方法	247
7.8.2 飞机发动机红外隐身性能研究	218	8.4 激光隐身性能测试	251
7.9 红外隐身计量	219	8.4.1 激光隐身性能外场测试	251
7.9.1 红外发射率测量装置的		8.4.2 激光隐身性能实验室测试	253
		8.4.3 利用双向反射分布函数研究目标反射和散射特性	256
		8.4.4 实际目标的反射散射特性测试	258

8.5 激光隐身计量	262	系统	299
8.5.1 激光测距机测距准确度		参考文献	300
校准	262		
8.5.2 标准反射板的校准	263		
参考文献	265		
第9章 雷达隐身	267	第10章 声波隐身	302
9.1 雷达隐身原理	267	10.1 声波隐身物理基础	302
9.1.1 雷达的工作原理与组成	267	10.1.1 声波基础知识	302
9.1.2 雷达散射截面与隐身原理	270	10.1.2 噪声	305
9.2 雷达隐身措施	272	10.1.3 声纳	306
9.2.1 精心设计武器的外形	272	10.2 声波隐身原理	308
9.2.2 采用雷达吸波材料和透波材料	273	10.2.1 声特征的控制	308
9.2.3 采用电子措施降低兵器的雷达截面	274	10.2.2 声波隐身技术	309
9.2.4 等离子体隐身技术	275	10.2.3 潜艇的声波隐身	311
9.3 雷达隐身技术的应用	278	10.2.4 舰船水声隐身	313
9.3.1 飞机雷达隐身	278	10.2.5 水雷的声隐身	317
9.3.2 导弹雷达隐身	281	10.2.6 飞机的声隐身	318
9.3.3 舰艇的雷达隐身	282	10.3 声波隐身效果评估	322
9.4 雷达隐身效果评估	284	10.3.1 噪声的测量	322
9.4.1 隐身效能评估基本概念	284	10.3.2 潜艇声隐身效果评估	325
9.4.2 雷达的目标特性	286	10.3.3 水雷声隐身效果评估	328
9.4.3 雷达的探测距离	286	10.3.4 消声瓦声学性能的测量	330
9.4.4 发现概率的计算	287	参考文献	331
9.4.5 舰艇雷达隐身效果评估实例	290		
9.4.6 飞机隐身效能评估实例	291	第11章 反隐身技术	332
9.5 雷达隐身性能测试	293	11.1 隐身技术和武器系统本身存在的问题	332
9.5.1 雷达散射截面测量的主要方法及要求	293	11.1.1 隐身平台本身存在的问题	332
9.5.2 缩比模型测量	294	11.1.2 隐身技术和武器系统作战方面的局限性	332
9.5.3 典型雷达散射截面测量		11.2 探测隐身目标的技术和系统	333
		11.2.1 提高雷达探测能力	333
		11.2.2 无源探测系统	335
		11.2.3 利用光学装置探测隐身目标	335

11.2.4	声学探测	336	11.5.2	飞机的反红外隐身 措施	350
11.2.5	新型预警机	336	11.6	新型雷达反隐身	351
11.3	组网雷达反隐身技术	337	11.6.1	超视距雷达反隐身	352
11.3.1	隐身目标特性分析	337	11.6.2	相控阵雷达反隐身	353
11.3.2	组网雷达反隐身 原理	338	11.6.3	超宽带太赫兹雷达反 隐身	356
11.3.3	组网雷达的战术反隐身 措施	340	11.6.4	冲激雷达反隐身	359
11.3.4	组网雷达的技术反隐身 措施	340	11.6.5	米波谐振雷达反 隐身	362
11.3.5	雷达网反隐身性能 指标	340	11.6.6	无源雷达反隐身	364
11.3.6	组网雷达的优化 部署	340	11.6.7	临近空间双基地雷达 反隐身	369
11.3.7	多种类雷达混编 组网	342	11.6.8	成像激光雷达反 隐身	370
11.4	组网雷达反隐身性能评估	342	11.6.9	太赫兹反等离子体 隐身	373
11.4.1	组网雷达的反隐身能力 评估指标体系	342	11.6.10	各种新型雷达反隐身 技术的性能比较	373
11.4.2	组网雷达反隐身性能 评估指标模型	343	11.7	微波无源探测隐身目标	374
11.4.3	组网雷达的反隐身效能 评估指标模型	345	11.7.1	微波辐射计探测目标的 机理	374
11.4.4	基于探测范围的雷达网反隐 身能力评估方法	346	11.7.2	微波辐射计对隐身目标的 探测方法	376
11.5	反红外隐身技术	349	11.7.3	微波辐射计用于隐身目标 探测的性能分析	377
11.5.1	反红外隐身一般 措施	349	11.8	激光/声反隐身探潜	379
				参考文献	380

第1章 绪 论

随着军用光电子技术的发展,红外热成像、光电制导、光电跟踪、激光雷达、激光照射、激光测距、雷达、声纳等技术广泛应用于陆、海、空各种作战武器平台,极大地改变了现代战场的攻防态势。由于光电侦察、光电跟踪和光电制导等光电系统性能的提高,现代战场上,被发现往往意味着被摧毁。因此,伪装和隐身技术在现代战争中的作用越来越受到重视,军事科学家把隐身武器视作 21 世纪尖端武器之一,各发达国家投入大量人力、物力和财力开发各种隐身武器,已有许多隐身武器系统投入战场使用。本章简要介绍伪装技术和隐身技术的基本概念、发展历程和发展趋势。

1.1 伪装技术

1.1.1 伪装技术的内涵

伪装技术是为了隐蔽自己,欺骗和迷惑敌人所采取的各种隐真示假的技术措施,是军队战斗保障的一项重要内容^[1,2]。

军事目标的伪装是指采用工程技术措施和利用地形、地物,对人员、装备和各种军事设施等目标所实施的伪装。军事目标的伪装技术,就是利用电磁学、光学、热学、声学等技术手段,改变目标原有的特征信息,隐真示假,降低敌人的侦察效果,使敌方对己方军队的位置、企图、行动等产生错觉,造成其指挥失误,最大限度地保存自己,打击敌人。因此,可以通过采用各种技术措施来消除、降低、歪曲或模仿目标与背景之间在外貌和波谱特性等方面的差别,如通过加盖伪装网、涂覆迷彩涂料达到缩小目标与背景之间的差别。

反映和评价伪装效果的主要参数是暴露征候。暴露征候是指目标处在一定探测手段和背景条件下,可能被敌方发现或识别的特征。包括目标外表特征、目标配置特征和目标活动特征。这些特征可从不同方面反映目标的存在、位置和性质。分析暴露征候是确定目标伪装措施的依据。充分了解暴露征候,设法消除、减少或利用目标与背景在光波、热红外、微波和磁场等方面对比的差异,是伪装技术的根本任务。

伪装的技术措施很多,主要有以下几种:

(1) 利用地形、地物、夜暗以及能见度不良的天候(例如雾、风、雪、雨)等天然条件,来隐蔽目标或者降低目标的显著性。

(2) 利用涂料、染料等材料,改变目标、遮障物、背景的颜色或图案,以迷惑敌人。迷彩服就是最常用的迷彩伪装措施。

(3) 通过种植植物、采集植物和改变植物的颜色等方法,达到伪装目标的目的,称为植物利用伪装技术。

(4) 人工遮障伪装,简单地讲就是利用制式的伪装器材,设置对目标进行遮蔽的屏障,防止敌方侦察到。

(5) 利用烟雾来遮掩目标,干扰敌方的光学侦察,用以迷惑敌人。

(6) 假目标伪装技术,就是利用假飞机、假坦克、假工事、假桥梁等迷惑敌人,吸引敌人的注意力和火力。

另外,还可以通过消除、降低和模拟目标的灯火与音响效果,来隐蔽目标,迷惑敌人。

1.1.2 伪装技术的发展历程

伪装自古就为兵家所重视。《孙子兵法》指出:“兵者,诡道也。故能而示之不能,用而示之不用,近而示之远,远而示之近。”这是关于在战争中如何运用伪装的最早论述。

在古代战争中,曾有许多实施伪装的成功战例。如我国春秋时期的平阴之战、战国时期的即墨之战。

到了近现代,伪装得到进一步的广泛运用,成为保障军队作战必不可少的战斗措施。在第二次世界大战的诺曼底登陆战、朝鲜战争、第四次中东战争、马岛战争、海湾战争、科索沃战争等高新技术战争中,伪装在新的技术基础上得到广泛运用,所采用的隐蔽、佯动、设置假目标、施放烟幕和兵器隐身等技术措施,发挥了很大作用。

目前各国装备部队的伪装器材一般都是配套的遮蔽伪装器材,包括遮障面和支撑系统。其中遮障面(伪装网、伪装盖布)是进行遮障伪装的主体,可单独使用。针对现代侦察技术和手段,世界各国所使用的遮障面都具有防可见光、红外线和雷达侦察的综合性能。其中美军伪装装备在性能上较为优越。

我军现装备的人工遮障制式器材有成套遮障、各种伪装网、角反射器等。外军列装的气溶胶即烟幕伪装器材有40多种,包括发烟手榴弹、发烟火箭、发烟炮弹、发烟炸弹、烟幕施放器、飞机布撒器和航空发烟器等。

1.1.3 伪装技术的发展趋势

1. 伪装技术的发展方向

大量高新技术的形成与发展促进伪装技术迅速进入现代伪装与隐身技术的新阶段。主要发展方向如下:

- (1) 采用多种高新技术,大跨度专业技术合作和渗透。
- (2) 建立现代伪装技术研究的数学模型、仿真模型、材料工程模型。
- (3) 研制新的伪装隐身技术、方法、材料和器材,如多谱段兼容技术、可调节低发射率表面层、吸收散射性结构、防灰尘和化学毒剂沾染、多层复合技术等。

伪装技术涉及量子物理、热物理、现代光学、高分子材料和现代薄型多层复合工艺技术等,这些发展方向也是导弹机动发射装置及地面设备现代伪装与隐蔽技术的研究方向。

2. 伪装装备的发展趋势

- 1) 伪装网所能对付的电磁波段越来越宽,而质量越来越轻

随着侦察器材工作波段的不断扩展,伪装器材所能适应的电磁波段也不断随之展宽,从对付可见光侦察的伪装器材开始发展,逐渐增加反近红外、反紫外、反雷达和反热红外的伪装器材。同时伪装网向多频谱兼容发展,目前已研制出多谱段兼容伪装网。

另一方面,伪装网的质量却越来越轻。一般伪装网的单位面积质量在 $(300\pm 50)\text{g/m}^2$ 。法国的1962式合成材料伪装网单位面积质量在 300g/m^2 左右。美国Brunswick防御公司生产的超轻型伪装网具有极好的防热红外和雷达波散射性能,其单位面积质量也只有 136g/m^2 。

2) 欺骗器材倍受重视,假目标器材向简单、廉价、高效的方向发展

美国陆军在20世纪80年代后期就把假目标的研制作为陆军贝尔沃研究发展和工程中心的第一主攻方向,此后不久,该中心研制并鉴定了一系列假目标器材。美国在海湾战争结束后举行的第一次伪装、隐蔽和欺骗研讨会上,重点研讨的内容之一就是模拟和欺骗技术。在海湾战争中,双方在战术欺骗方面均获得成功,而使用的器材却多是一些简单、廉价的器材。

1.2 隐身技术

1.2.1 隐身技术的内涵

隐身技术是指减小目标的各种可探测特征,使敌方探测设备难以发现或使其探测能力降低的综合性技术。隐身技术可分为可见光隐身、红外隐身、激光隐身、雷达隐身和声波隐身技术等。不同的隐身技术,具有不同的可探测特征。可见光隐身的探测特征是目标和背景之间的亮度对比度和色差。红外隐身的探测特征是目标和背景之间的温度差、辐射功率对比度。激光雷达和无线电雷达隐身的探测特征是雷达截面。声波隐身的探测特征是噪声特征。针对具体隐身技术的可探测特征将在相关章节中详细介绍,这里不展开叙述。

实现目标隐身的方法主要有外形隐身技术和材料隐身技术,其中在隐身材料中,又有结构型隐身材料和涂覆型隐身材料之分。由于将涂料用于隐身技术具有许多优点,如使用方便,特别适宜现场及野战条件下对武器装备和重点目标实施快速隐身;不需对武器装备的外形作出改动,特别适宜在现场装备上推广使用;可制成隐身网或隐身罩等。因而隐身涂料在现代隐身技术中具有广阔的发展和应用前景。

据统计,空战中80%~90%的飞机损失是由于飞机易于被探测。因此,隐身的目的就是增加敌人探测、跟踪、制导、控制和预测平台或武器在空间位置的难度,大幅度降低敌人获取信息的准确性和完整性,降低敌人成功地运用各种武器进行作战的机会和能力,以达到提高己方生存能力的目的。

隐身武器的出现是人们千百年来不懈追求的结果。现在正在秘密研制中的隐身武器有隐身飞机、隐身导弹、隐身舰船、隐身水雷、隐身坦克装甲车辆等。未来隐身武器将朝着多兵种、全波段、全方位、更隐蔽的方向发展,使整个战场成为捉摸不定的隐身世界^[3-9]。

1.2.2 隐身技术的发展历程

现代隐身技术首先应用于航空领域是在20世纪30年代初,随着无线电技术特别是雷达的问世,最早的“隐身”材料也出现了,如荷兰科学家研制的雷达用吸波材料,以及日本人开发的铁氧体材-硅钢片。

第二次世界大战期间,美国及德国开始研制新型吸波材料,并在飞机和舰艇上使用,使敌方雷达的探测距离大大缩短。

20世纪50年代,为了获取情报而又能隐蔽飞行,美军在侦察飞机上涂了吸波材料,以减

弱电磁波反射强度。以后,又采用了更先进的隐身吸波涂层,使其防雷达探测性能有很大提高。在越南战争中,美军还使用了一种采用红外特征减弱措施的武装直升机,从而大幅度降低了苏制红外制导地空导弹的命中率。

随着高技术侦察器材的广泛运用,隐身技术的发展进入了一个新的发展阶段。以美国为首的发达国家竞相开展隐形技术的开发研制工作。到 20 世纪 80 年代,美国的多种隐身作战飞机开始装备部队,并在局部战争中发挥了巨大作用。

隐身技术和武器系统的发展可以分为探索阶段、发展阶段和应用阶段。

1. 探索阶段

在军用领域,飞机一出现,人们就试图降低它的可见光特征信号,如涂覆迷彩伪装等。后来,重点转为反雷达探测隐身。在第二次世界大战中,德国、美国和英国都曾尝试降低飞机的雷达特征信号。另外,德国潜艇的通气管也采用了能够吸收雷达波的涂料。

20 世纪 60 年代中期以后,一体化防空系统效能得到很大提高,提高飞机生存能力的重要性和迫切性变得异常突出,西方国家研究出了一些战术对抗措施,并研制出 U-2、A-12、YF-12、SR-71、D-21 等具有一定隐身能力的飞机。但由于缺少提高生存能力的系统方法,更缺少支撑隐身的先进技术,所以还没有出现真正的隐身武器系统。

2. 发展阶段

在采用降低特征信号以提高飞机生存能力的强烈需求推动下,提出了研制以降低雷达截面为主要目标的、实用的、真正的隐身飞机的要求。由于理论以及计算机、电子、控制、材料技术的进步,以减小雷达截面为主要目标的实用的第一代隐身飞机——F-117A“夜鹰”于 1975 年问世。美国空军 1981 年开始发展第二代隐身飞机——B-2 隐身轰炸机。

此外,F-16C、F/A-18C/D、B-1B 等也采用了部分隐身技术,隐身技术还推广到各种导弹、直升机、无人机、水面舰艇当中。潜艇的噪声以每 10 年降低 10~20dB 的速度下降,世界上最好的核潜艇的噪声已经降低到 90~100dB,低于海洋环境噪声。

3. 应用阶段

在第一、第二代隐身飞机多次参加军事行动并取得显著战果后,20 世纪 90 年代,美国开始研制第三代隐身飞机。同时,隐身技术开始向导弹、舰艇、直升机、战车,甚至弹药、地面设备、服装和机场等领域推广和移植。美国空军于 1993 年开始部署 B-2 隐身轰炸机,这是集低可探测性、高空气动力效率和大载荷于一身的第二代隐身飞机。美国空军于 20 世纪 80 年代开始设计 F-22“猛禽”战斗机,1993 年开始研制“联合攻击战斗机”,它们都属于第三代隐身飞机。

这一时期,隐身飞机开始大量装备部队和应用。1991 年海湾战争期间,美国在海湾部署了 43 架 F-117A 隐身飞机,出动了 1270 架次,攻击了伊拉克 40% 的战略目标。1999 年,6 架 B-2 隐身轰炸机首次参加科索沃军事行动,共出动 40 架次,投下 500 枚“联合直接攻击弹药”,总重 450t。

1.2.3 世界隐身技术的应用情况

隐身技术自从问世以来,在战斗机、导弹和舰船等主要作战武器系统上的应用都得到了较大的发展。在海湾战争中,F-117A 隐身战斗攻击机的出色表现和令人吃惊的战果,使得隐身技术更进一步受到世界军事强国的重视。短短几年的时间,隐身技术的研究及其应用又获得